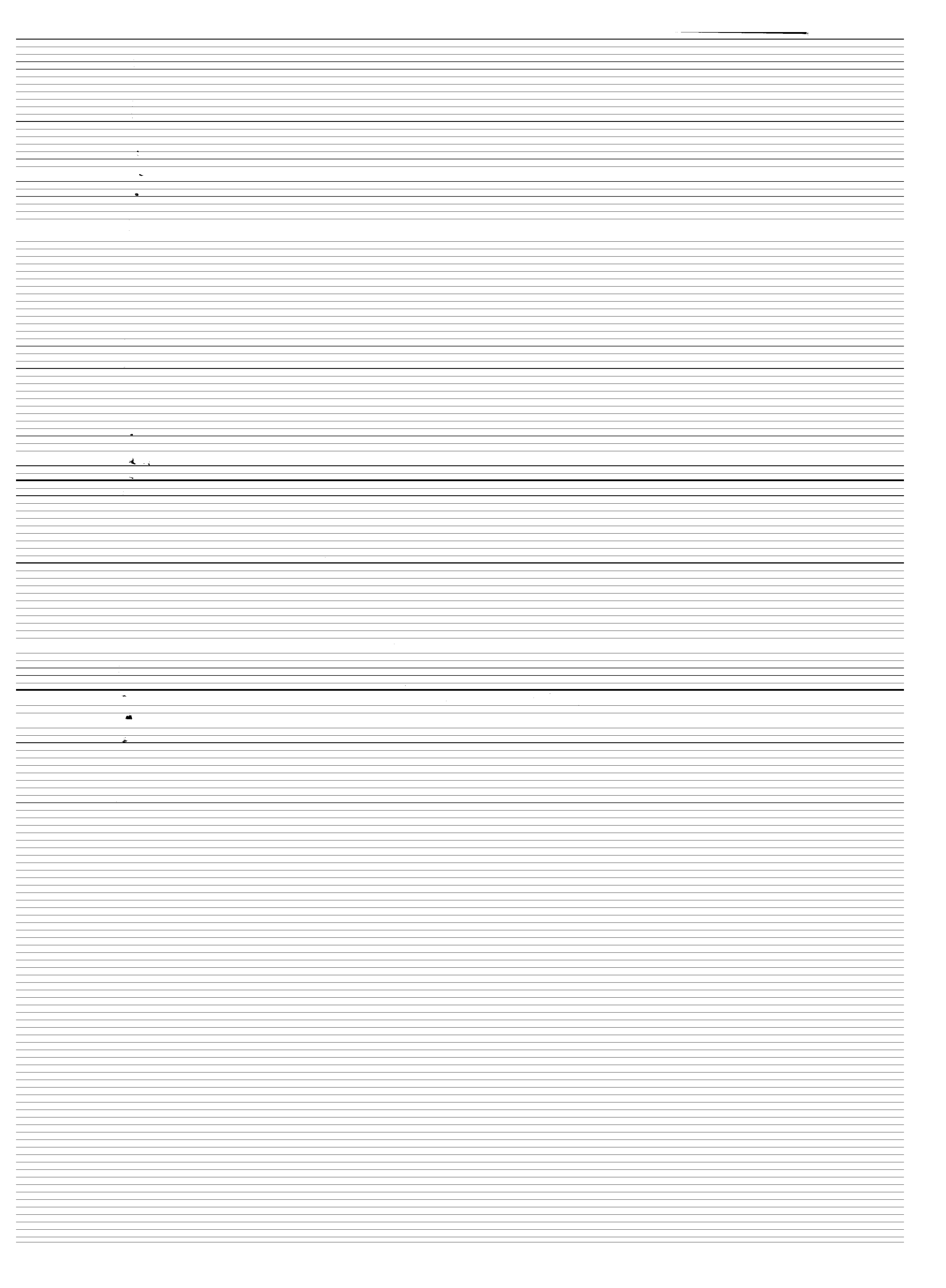
# الاستخدام الــزراعى
# للماء محدود الجودة



# الاستخدام الزراعى للماء محدود الجودة


دكتور

**عبد المنعم محمد بلبع**

B. Sc. Dipl. (Stat.) MSc., Ph.D.

استاذ علوم الاراضى والمياه

كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية



**2006**

**مكتبة بستان المعرفة**

طباعة ونشر وتوزيع الكتب

☎ : ٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨ & ٠١٢٢٥٢٤٨١٤ & ٠١٢١١٥١٢٣٧

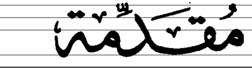
| | |
|---|---|
| اسم الكتاب | الاستخدام الزراعى للماء محدود الجودة |
| اسم المؤلف | أ. د. عبد المنعم محمد بلبع |
| رقم الإيداع | /٢٠٠٥ |
| الترقيم الدولى | I.S.B.N 977-393-  - |
| الناشر | مكتبة بستان المعرفة<br>كفر الدوار ـــ الحدائق ـــ ٦٧ ش الحدائق بجوار نقابة التطبيقيين<br>☎: ٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨ الإسكندرية ٠١٢٣٥٣٤٨١٤&٠١٢١١٥١٢٣٧ |

# محتويات الكتاب

صفحة

صفحـــة

# مقدمة



تخــتلف خواص الماء الذى يستخدم فى الإنتاج الزراعى حسب المصدر الــذى يؤخذ منه، فقد يكون ماء المطر هو المصدر الأساسى لمنطقة ما وقد يكون نهرا أو قد يكون ماءا مستخرجا من باطن الأرض.

ومن الواضح أن ماء المطر وهو أصل جميع المياه على كوكب الأرض وأقلهــا شــوائب فهو خال من الأملاح التى قد توجد فى المصادر الأخرى وماء الأنهــار أغلبه ذو جودة عالية ما لم يختلط بماء بحر أو محيط أو تحترق أرضا تحتوى أملاحا بمقادير يذيبها الماء ويصبح ماءا ملحا والماء المستخرج من باطن الأرض قد يختلط بماء البحر خصوصا عندما يزداد ضخه فيدخل ماء البحر حتى يعيد التوازن البيزومترى بين ماء البحر والماء الجوفى.

وأهم ما يستخدم فى الزراعة بجانب ماء الأمطار هو ماء الأنهار ويحدث فــى بعــض الأحــيان أن يلوث ماء النهر بالأملاح أو غيرها من الملوثات وهنا يصــبح الماء ذا جودة محدودة أو غير جيد وغير صالح للرى فالنباتات تذبل أو تمــوت إذا رويت بماء ملحى أو ماء يحتوى سموما ويحدث ذلك عند اختلاط ماء النهر بماء الصرف الصناعى أو الصرف الصحى.

وقــبل الاعــتماد علــى مصدر ماء للرى يجب أن يتأكد المسئولون عن المشــروع أن ماء هذا المصدر ذو جودة كافية ولن تتعرض النباتات التى تزرع إلى التلف والمشروع إلى الفشل.

مــن أهم معالم جودة ماء الرى هو انخفاض محتواه من الأملاح بحيث لا تتلف النباتات أو تضر الحيوانات.

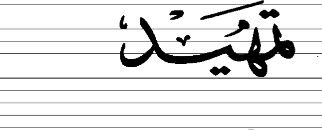
والصـــفحات الــتى نقــدم لها تدور حول جودة ماء الرى وما قد يخفض جودته وتجعله غير صالح للإستخدام الزراعى.

ويــزداد فـــى السنوات الأخيرة اعتماد مصر على ماء الصرف الزراعى وهو ذو جودة تقل عن جودة ماء النهر وقد لا يصلح هذا الماء للرى.

والصـــفحات الــتى أتقدم بها تستهدف زيادة المعرفة بمشاكل الماء حتى نتجنــبها ونحرص على تقويمها وكيفية استخدامها لعل فى ذلك ما يجنب الزراعة المصرية والعربية مشاكل تدنى جودة المصادر المائية.

والله الموفــق ،

يوليو ٢٠٠٥ أ.د. عبد المنعم محمد بلبع



### ❖ دور المياه فى حياة البشر

يعيش البشر والحيوانات على النباتات وتحتاج النباتات لتنمو ويتم دورة حياتها إلى نحو ١٦ عنصرا هى الأوكسجين والهيدروجين والكربون والنتروجين والبوتاسيوم والكلسيوم والمغنيسيوم والفوسفور والكبريت والحديد والمنجنيز والزنك والنحاس والكلورين والموليبديوم والبورون.

ويحصل النبات على هذه العناصر من الهواء الجوى فى حالة الأوكسجين والكربون ويحصل بعض النباتات على النتروجين أيضا من الهواء الجوى أما باقى العناصر فيحصل عليها من الأرض والماء.

يحصل النبات على حاجته من الهيدروجين وعلى حاجته من الأوكسجين فى صورة ماء ويحتاج النبات للهيدروجين إذ يدخل فى تركيب كثير من المركبات النباتية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.

ويشترك الأوكسجين والكربون والهيدروجين فى عملية البناء الضوئى (الأيض) metabolism فعندما تمتص الخلايا الخضراء Chloroplast الأشعة الضوئية يتحول ثانى أكسيد الكربون "ك أ٢" إلى سكر وأكسجين الذى يساوى حجمه حجم ثانى أكسيد الكربون المختزل وهذه العملية عملية التنفس التى تتأكسد فيها المواد العضوية – الكربوهيدرات – منتجة "ك أ٢" ثانى أكسيد الكربون وماء.

ك أ + يد أ ⟵ ك يد٢ أ + أ٢

حيث ك يد$_{٢}$ أ تمثل وحدة الكربوهيدرات وستة وحدات منها يعطى جلوكوز glucose ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ أ$_{٦}$ غير أننا ننبه إلى أن هذه المعادلة قد تعطى القارئ انطباعا أن مصدر الأوكسجين فى هذا التفاعل هو ثانى أكسيد الكربون ك أ$_{٢}$ ولكن استخدام الأوكسجين النظير أ$_{١٨}$ أوضح ان مصدره هو الماء فالضوء يحلل جزئ الماء ولما كان هذا الجزئ يحتوى ذرة أوكسجين واحدة فالمعادلة تشير إلى إنتاج جزيئين فمن الضرورى أن يبدأ التفاعل بجزئين من الماء.

$$\text{ك أ}_{٢} + ٢\ \text{يد}_{٢}\text{ أ} \xrightarrow{\text{طاقة إشعاعية وخلايا ضوئية}} \text{ك يد}_{٢}\text{ أ} + \text{أ}_{١} + \text{يد}_{١}\text{ أ}$$

فجزئ الأكسجين ينتج عن الانحلال الضوئى لجزئ الماء ويستخدم الهيدروجين الناتج من هذين الجزئين فى اختزال ك أ$_{٢}$ ويكون جزئ ماء جديد.

ولو أن أكسجين وهيدروجين الماء وهما "المادة الخام" التى تصنع منها الكربوهيدرات ليمكن الماء من الصعود خلال النبات يجب أن يوجد فرق فى ضغطه من مصدر الإمداد بالماء وهو الأرض والجو الخارجى المحيط بالأوراق وهو ما يعبر عنه بالشد الفعلى Actual أو الجهد Potential ويتوقف على عدد من العوامل منها صنف النبات والمعاملات السابقة التى يتعرض لها النبات ومعدل تدفق الماء ومعدل الامداد المائى ومعدل الطلب على الماء أى الاحتياج إليه.

فأى تحديد لامداد الماء Supply rate يؤدى إلى زيادة الجهد كما أن زيادة طلب الاحتياجات demand rate وأهمها البخر نتح flow rate تزيد الفرق gradient بين زيادة الطلب عن الامداد.

ويمكن التحكم داخل الصوب فى معدلات التدفق والإمداد والطلب بواسطة المعالجة اليدوية للأرض وطرق الرى والتحكم فى حرارة النبات والرطوبة وللمتخصصين طرق مختلفة يجعلون بها النبات أكثر قدرة على مواجهة نقص الماء وهو ما يسمونه التقية hardening.

## تأثير نقص الماء على النبات :

يؤدى نقص الماء سواء بتقليل عدد الريات أو زيادة الاحتياجات البيئية إلى نقص نمو النبات فتقليل رى نبات القرنفل على سبيل المثال يقلل تفريع النبات وطول ساقه وجودة محصوله وكميته.

ويتوقف التأثير المباشر لنقص الماء على مقدار هذا النقص وطول مدة التعرض له والمعاملة السابقة للنبات ونوعه ومرحلة نموه وقد يقلل الشد العالى – نقص الماء – عند حدوثه فى بداية التزهير عدد الأزهار وحجمها. وعندما يعبر عن الشد بوحدات الضغط "bar (–٤)" تقل استطالة النبات وبعد –٨ بار يقل التمثيل الضوئى ويحدث الذبول الدائم عن شد قدره – ١٥ بار.

ولا يعنى ذلك أنه عندما ينخفض الشد كثيرا أو ينعدم (لا يوجد نقص فى الماء أو توجد زيادة منه) أى عند شد = صفر بار يكون النبات أفضل، فقد لوحظ زيادة الأمراض التى تصيب الأوراق مثل البياض.

## التحكم فى حاجة النبات للماء (التحكم فى الطلب) Control of demand :

لتقليل معدل النتح من النبات خصوصا داخل الصوب يمكن إجراء الآتى:

أ– خفض الفرق بين ضغط بخار الماء فى الأوراق وضغطه فى الهواء الجوى وذلك بالآتى :

١) بزيادة الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة بإضافة الماء إلى الهواء أو بتقليل حرارة الهواء.

٢) تقليل حرارة الأوراق وذلك بعمل ضباب أو رذاذ (تضبيب أو ترذيذ) دقيق من الماء حول الأوراق وتقليل شدة الضوء بالتظليل.

ب- زيادة مقاومة انسياب بخار الماء من الأوراق إلى الهواء :

- بتقليل فتحات ثغور الأوراق بواسطة إضافة كيماويات تقفل هذه الثغور.
- تقليل فتح الثغور وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون ك أ$_2$ أو يقلل زيادة طول مسار الماء diffusion path length من الأوراق والهواء لتقليل سرعة الهواء.

## النتـــح Transpiration :

يفقد النبات الحى المـــاء فى صورة بخار ويسمى هذه العملية بالنتح ، ويحدث هذا الفقد من أى جزء من أجزاء النبات عند تعريضه إلى الهواء الجوى ، حتى الجذور تفقد بخار الماء إذا لامست الهواء الأرضى ، ولو أن أغلب هذا الفقد يتم عادة فى الأوراق عن طريق الثغور من النتح الثغرى، كما تفقد الأوراق كمية ضئيلة من بخار الماء عن طريق خلايا البشرة.

النتح الكامبيومى - وتفقد جميع الأعضاء الهوائية للنبات بعض مائها بالنتح إذا لم تكن مغطاه بطبقة سطحية غير منفذة للماء ومعظم النباتات تقل فيها نسبة النتح عن غير طريق الأوراق.

والنتح صورة من صور بخر الماء فإذا ترك وعاء به ماء معرضا للهواء الجوى فإن مقدار الماء فى هذا الوعاء يقل نتيجة انتقال جزئيات الماء ببطء إلى الهواء الجوى، وكذا جزئيات بخار الماء والهواء الجوى إلى السائل أثناء عملية التبخر، وعندما يزيد معدل تسرب جزئيات الماء إلى الهواء عن معدل ارتدادها منه يحدث تبخر الماء.

## دور النتح فى حياة النبات :

ما هو دور عملية فقد الماء من النبات فى حياة النبات؟ وهل لهذه العملية وظيفة مثل التنفس والبناء الضوئى ؟

يرى بعض الباحثين أن النتح هو الآلية التى تتم بها حركة الماء فى النبات فما لم يفقد الماء عن طريق النتح فإن الماء لا يتحرك فى جسم النبات من أسفل إلى أعلى وقد لاحظوا أن حركة الماء فى النبات تسرع فى الأحوال التى يزداد فيها النتح عن تلك التى ينخفض فيها.

غير أنه قد اتضح أن انتقال الماء الذى يكفل لخلايا الورقة امتلاءها أو فى عملية البناء الضوئى يستمر أثناء الفترات التى يبلغ معدل النتح فيها حدا ضئيلا جدا يمكن إهماله.

واتضح أيضا أن لعملية النتح دورا فى عملية امتصاص وانتقال الأملاح المعدنية فكلما زاد الامتصاص أى أن الأملاح المعدنية الذائبة فى الماء تحمل داخل النبات مع الماء الممتص ، ولكن المعروف أن آلية امتصاص الماء تختلف اختلافا كبيرا عن آلية امتصاص كاتيونات وأنيونات الأملاح ، ورغم وجود بعض النتائج التى تعزز العلاقة بين النتح والامتصاص إلا أن أغلب الدراسات تؤكد أن هذه النتائج لا يحصل عليها إلا فى ظروف خاصة.

ويرى بعض الباحثين أيضا أن انتقال العناصر المغذية داخل النبات ليس بالضرورة متوقفا على عملية النتح.

وأسند للنتح دور هام فى حياة النبات وهو تبريد الطاقة الإشعاعية فورقة النبات التى تتعرض لضوء الشمس المباشر تمتص كميات كبيرة من الطاقة الإشعاعية وإذا لم تتبدد هذه الطاقة فإنها تتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة الورقة وقد وضح من حسابات الطاقة الشمسية التى تستقبلها الورقة والطاقة الإشعاعية الممتصة أن عملية النتح لا تكفى لتبديد جميع هذه الطاقة الإشعاعية الممتصة وأنها لا تفسر أكثر من جزء يسير مما تمتصه الورقة، كما اتضح من المشاهدات أن الأوراق التى تهبط فيها عملية النتح هبوطا كبيرا يســد

ثغورها بالفازلين أو الأوراق التى تنمو فى بيئة جافة حيث التربة فيقل فى هذه الحالات ويندر أن تقترب درجات حرارة الأوراق من الدرجة القاتلة حتى ولو عرضت هذه الأوراق لضوء الشمس مباشرة وقد اتضح أن العامل الهام لتبديد الطاقة الإشعاعية هو فقد الحرارة من الورقة بالإشعاع إلى الهواء الجوى المحيط بها.

وقد يفهم من ذلك أنه لا يوجد دور للنتح فى حياة النبات، ولكن الواقع أن تعريض النبات لفترات طويلة من الجفاف يسبب فى النهاية جفافا شديدا له ثم موته ما عدا أنواع النباتات المقاومة للعطش.

وإذا تناقص المحتوى أقل شدة فإنه يسبب سلسلة من التأثيرات مثل نقص درجة الامتلاء (الغضاضة) وإغلاق الثغور وتثبيط ثم توقف بناء الكلوروفيلات وتعوق جميع التأثيرات فى النهاية عملية النمو فنقص الماء قد يعد أعظم أثرا فى تحديد النمو من أى عامل منفرد آخر.

وجاء في وصف الماء في الشريعة الإسلامية أن يكون طاهرا طهور، والماء الطاهر هو الذى لم يلوثه شئ أما الطهور فهو الذى يطهر غيره ويجعله طاهرا.

# فحص المـــــاء

## ( تقدير جودة المـــاء للرى )

يتوقــف إمكان تنفيذ مشروع مــا لاستصلاح الأراضي فى كثير من الأحيان على ماء المشروع، سواء فى ذلك مقداره أو مستوى سطحه بالنسبة إلى مستوى سطح الأرض أو خواصه ومدى ملاءمتها لأرض المشروع ، وفى عملية فحص الماء نذكر عددا من العوامل التي تجعل الماء المتاح مناســبا أو غير مناسب.

**١- مقدار الماء المتوفر :**

يقتضى لتقويم هذا العنصر تقويما صحيحا أن نربط بينه وبين الأرض التي سيستخدم فى استصلاحها أو استزراعها، فاستصلاح الأراضي الطينية الملحية أي عملية الغسيل تحتاج إلى مقادير كبيرة من الماء، ولكن ليس من الضروري أن يكون هذا الماء عذبا منخفض الأملاح. ثم تنخفض احتياجات هذه الأرض من الماء بعد الانتهاء من عملية الغسيل، بينما أرض المشروع الرملية تظل محتاجة إلى مقدار كبير من الماء طوال استزراعها.

وبجانب مقدار الماء المتاح وارتباطه بنوع الأرض يجب أن ندخل أيضا فى الاعتبار مستوى الماء فى المصدر الذي يمد المشروع به، وهل يستدعى ذلك استخدام الروافع (المضخات) وتكلفة الروافع وأدارتها. ويتدخل فى تقويم المقدار نوع المحصول الذي سيتقرر زراعته فالأرز يحتاج إلى مقادير من الماء أكثر مما يحتاجه الذرة مثلا.

٢- تركيز الأملاح بالماء :

فى تقويم عينة من ماء الري يعتبر تركيز الأملاح بها أول الصفات التي وجهت إليها الدراسات، فالمعروف منذ أزمان طويلة أن الماء الملحي ضار بالنبات وعلى قدر ما فى الماء من الأملاح يتوقع أن يكون الضرر الناتج عنه.

وبتقدم الدراسات فى هذا المجال أتضح عدد من النقاط ذات الأهمية :

- قوام الأرض التي يستخدم فيها الماء، فالأرض الطينية تحتفظ بماء أكثر من الأرض الرملية عند السعة الحقلية لها، وبالتالي فإن كمية الأملاح التي تحتفظ بها الأرض الطينية تكون أكبر من الكمية التي تحتفظ بها الأرض الرملية.
- مناخ المنطقة، ولدرجة الحرارة والرطوبة ومقدار المطر وشدة الرياح أثر على مقدار الماء المستعمل، ومدى تأثر الأرض بالأملاح الموجودة فى ماء الري فارتفاع درجة الحرارة مع الجفاف وشدة الرياح تؤدى إلى تبخر الماء وتركيز المحلول الأراضي فى فترة أقصر مما لو كان الجو باردا رطبا.
- حالة الصرف، عند نفاذ الماء فى قطاع الأرض ذات الصرف الجيد فإنه يطرد معه جزءا من الأملاح الموجودة أصلا بالأرض نتيجة لحلول ماء الرى محل المحلول الأرضى، أما فى حالة الصرف الرديء فإن الماء المضاف يظل بالأرض حتى يتبخر تاركا محتواه من الأملاح بالأرض وبتوالي الري يتجمع فى هذه الأراضي ذات الصرف الرديء مقادير من الأملاح أكبر مما يتجمع فى الأراضي ذات الصرف الجيد.
- ومقدار الأملاح الذي يتجمع فى الأرض فى هذه الحالة هو عبارة عن حاصل ضرب ما تحتفظ الأرض به من ماء (السعة الحقلية) فى تركيز الأملاح فى هذا الماء ، ومن هنا يتضح أهمية تركيز الأملاح بالماء.

### ٣- التركيب الكيميائي للأملاح فى الماء :

بعد أن انصرف الاهتمام إلى تقديرات التركيز وإيجاد حدود لتقويم المياه على أســاس تركيز الأملاح بها ، بدأ الاهتمــام يتجــه إلى نوع هــذه الأملاح والتفاعلات الكيميائية التي قد تحدثها عندما تضاف المياه إلى الأرض فضلا عن أثرها على الخواص الفيزيائية للأرض وآثارها الحيوية على النباتات النامية والأحياء الأرضية.

أ ) من دراسات كيمياء الأراضي اتضح أن للكلسيوم والمغنيسيوم - أثرا يختلف عن آثار الصوديوم بالأراضي، فخواص تجمع حبيبات الطين الصودى وتفرق حبيباته المشبعة بالصوديوم وما ينتج عن ذلك من ظروف ملائمة أو غير ملائمة لنمو النبات ، فضلا عن أثر الصوديوم على النباتات وجه النظر إلى أن الماء الغنى بالصوديوم ضار بالأرض والنبات بينما الماء الغنى بالكلسيوم أقل ضررا.

ب) كذا أوضحت دراسات كيمياء الأراضي أن وجود أيونى الكربونات والبيكربونات ذائبين فى الماء يؤدى إلى ترسيب الكلسيوم الموجود بالماء، وإذا كان مقدار هذا الكلسيوم والمغنيسيوم قليلا فإنهما (ك أ$_{3}^{=}$ ، يد ك أ$_{3}$) يرسبان الكلسيوم الأرضي وبالتالي تزداد نسبة الصوديوم فى المحلول الأرضي وهو ما أشرنا إلى أضراره.

كما أوضحت الدراسات الحديثة الفرق بين أنيونى الكلوريد والكبريتات.

جـ) لوحظ أن المياه تحتوى فى بعض الحالات على عناصر سامة وكان أهم ما أنصرف إليه الاهتمام هو عنصر البورون.

إزاء هذه العوامل فالطرق المتبعة لتقويم عينة من الماء كيميائيا تأخذ هذه العوامل فى الاعتبار ولا تقتصر على التركيز الكلى للأملاح فقط، كما أن هذا التقويم يجب أن يرتبط بما أوضحنا من العوامل الأخرى المتصلة بالأرض التي ستستخدم فيها هذه المياه.

**جدول (١): يبين التحليل الكيميائي لمياه النيل**

| المصدر والتاريخ | التوصيل الكهربائي | التركيز بالمليمكافىء/لتر ك أ$_{٣}^{-}$ + يد ك أ$_{٣}$ + كل + كب أ$_{٤}$ = ص$^{+}$ + كا$^{++}$ + مغ$^{++}$ |
|---|---|---|
| النـيل عند القاهرة (متوسط ٣٠ سنة) | ٠,٣٥ | ٢,٣٤ ٠,٣ ٠,٨ ١,٣ ٠,٦٥ |
| النوبارية عند كم ٨١ (٦٢/٤/١٩) | ٠,٢٨ | ٠,١ ١,٠ ١,٢ ١,٥ ١,٠ ١,٢ ١,٤ |
| النوبارية عند كم ٨١ (٦٢/٨/١٨) | ٠,٥٥ | ٠,٢ ٠,٨ ١,٠ ٠,٨ ١,٠ ٠,٧ ٠,٩ |

## البيانات الواجب توافرها عند أخذ عينة ماء للتحليل

=============

أسم آخذ العينة .................. العنوان ............ التاريخ ...............

المصدر ............ ( قناة – بئر – مصرف )

موقع العينة ......... المحافظة ............ المركز ......... الناحية .........

مزرعة ............. ............ ............

طريق الوصول للمزرعة ............. ............ ............ ............

مراجع ............ ............ ............ ( تقديرات سابقة ............ )

البئر ......... العمق ......... مستوى الماء ......... المصرف ............

طريقة آخذ العينة ......... وقت أخذ العينة ........... حجم العينة ...........

الوعاء المستخدم ............. ............

درجة الحرارة ......... الرائحة ............ الغاز ......... اللون ...........

درجة استخدام الرى ............... شرب الحيوانات ............. ............

المساحة التى يخدمها البئر ............. ............ ............ ............

أنواع الحاصلات ............ ............ ............ ............ .........

حالة الحاصلات ............ ............ ............ ............ .........

حالة التربة ............ ............ ............

رأى المالك فى جودة الماء ............ ............ ............ ............

ملاحظات : ............ ............ ............ ............ ............ ............

**تقديرات تركيز الأملاح فى الماء :**

يعبر عن تركيز الأملاح فى الماء بعدة طرق :

١- جزء فى المليون وهذا التعبير يعادل ملليجرام فى اللتر أو جرام فى المتر المكعب، ويعبر به عن تركيز جميع المكونات الذائبة أى الأملاح الكلية فى الماء.

٢- عندما نهتم بكل واحد من المكونات الأساسية من الأملاح فإننا نستعمل عادة التعبير بالمليمكافئ/لتر ويلاحظ أن مجموع المليمكافئيات من الكاتيونات/ اللتر يساوى مجموع المليمكافئيات من الأنيونات /اللتر، وهذا التعبير يعطى فكرة واضحة عن تركيب الماء.

٣- وحدات التوصيل الكهربائي موه Mho وهو مقلوب وحدات المقاومة الكهربائية (الأوم Ohm) ولما كان الموه وحدة كبيرة فإن الوحدة الأكثر استعمالا هي المليموه ويساوى ٠,٠٠١ موه. واستبدل الأوم بالسيين Sieben والديسى سيين (د س) /متر = ١ ملليموه /سم.

٤- يمكن التعبير عن تركيز الأملاح بوحدات الضغط الأسموزى وهى الضغط الجوى.

ويقدر التركيز الكلى للأملاح فى الماء بالطرق الآتية :

١) أخذ حجم معين من الماء وتبخيره للجفاف وتقدير وزن الملح المتبقى.

٢) تقدير كل من مكونات الأملاح على حدة وجمعها، ولو أن الناتج فى هذه الحالة قد يختلف عن التقدير السابق لوجود نسبة من السليكا فى التقدير بالطريقة الأولى، ولا تقدر عادة بالطريقة الثانية لعدم أهميتها.

٣) تقدير التوصيل الكهربائى ثم تحويل رقم التوصيل بالملليموه/سم إلى ملليكافئ/لتر وذلك بضرب هذا الرقم فى ١٠، والرقم الناتج تقريبي ولكنه يعطى تقديرا مناسبا لتركيز الأملاح بالمليمكافئ/لتر.

وبجانب الأجهزة المعملية لتقدير التوصيل الكهربائي توجد أجهزة سهلة النقل يمكن استعمالها فى الحقل.

وكرقم تقريبي لتحويل الملليموه/سم إلى جزء/مليون بضرب الرقم فى ٦٤٠ ويكون الناتج جزء/ مليون، وهذا الرقم يقل فى دقته عن الرقم الناتج عن التحويل إلى ملليمكافئ من كل كاتيون وأنيون ثم إلى جزء/مليون.

## النظام الأمريكي لتقدير صلاحية الماء للرى (النظام الأمريكي القديم)

### أ – حسب درجة تركيز الأملاح :

قسم الماء إلى أربعة أقسام حسب رقم التوصيل الكهربائي :

١- مياه ذات ملوحة منخفضة، درجة التوصيل الكهربائي لا تتعدى ٠,٢٥ ملليموه/سم، ويمكن استعمالها فى رى أغلب الحاصلات دون ضرر.

٢- مياه ذات ملوحة متوسطة، درجة التوصيل الكهربائي من ٠,٢٥ إلى ٠,٧٥ ملليموه/سم ويمكن استعمالها فى ري الحاصلات التي تتحمل الملوحة بدرجة متوسطة.

٣- مياه ذات ملحية عالية، درجة التوصيل الكهربائي من ٠,٧٥ إلى ٢,٢٥ ملليموز/سم، لا تستعمل فى الأراضي ذات الصرف غير الجيد، ويجب عند استعمالها مراعاة غسل الأرض على فترات حتى لا تتجمع الأملاح بدرجة عالية بالأرض وتختار النباتات التي تتحمل الأملاح بدرجة كبيرة.

٤- مياه ذات ملحية عالية جدا، درجة التوصيل الكهربائى أعلى من ٢,٢٥ ملليموز/سم، وتعـتبر هذه المـياه غير مناسـبة للرى عمـوما ولكن يمكن استعمالها بين وقت وآخر، ويجب أن تكون الأرض، فى حالة الاضطرار لاستعمالها، جيدة النفاذية، كما تستعمل المياه بكميات زائدة حتى تقوم بغسل الأملاح المتجمعة بالأرض ، وتختار النباتات شديدة المقاومة للأملاح.

ويلاحظ أن النظام الأمريكي يعتبر أن الماء ذا تركيز ٠,١٥ - ٠,٥ جم/لتر متوسط الجودة ، والواقع أن ماء الصنبور فى مصر يحتوى نحو ٠,٣ جم/لتر من الأملاح الذائبة.

(أوضح رودس بمعمل بحوث الأراضي الملحية الأمريكي أن النظام الأمريكى لتقدير صلاحية الماء للرى قد أوقف العمل به).

ب- حسب رقم نسبة ادمصاص الصوديوم " SAR " :

العامل الأساسى فى هذا التقسيم هو صفات الطين الصودى الرديئة، أما عن تأثير الصوديوم على النباتات فالأمر يختلف بين نبات وآخر.

١- مياه منخفضة الصوديوم، لا يتعدى رقم "SAR " لها ١٠، ويمكن استعمالها لرى جميع الأراضي دون خوف من زيادة الطين الصودى.

٢- مياه متوسطة الصوديوم، رقم "SAR " من ١٠-١٨، قد يؤدى استعمال هذه المياه فى الأراضي الثقيلة إلى زيادة الطين الصودى، واستعمال الجبس فى هذه الحالة يخفف أضرار استعمال هذه المياه.

٣- مياه عالية الصوديوم، رقم SAR ١٨-٢٦، يؤدى استعمالها إلى ارتفاع الطين الصودى فى أغلب الأراضي ويجب أن يكون الصرف جيدا ويستعمل الجبس والمواد العضوية.

٤- مياه عالية جدا فى الصوديوم رقم " SAR " أعلى من ٢٦، لا ينصح عادة باستعمال هذه المياه إلا إذا كانت الأرض تحتوى نسبة من أملاح الكلسيوم أو يجب استعمال الجبس أو غيره من المصلحات.

جـ - حسب تركيز كربونات + بيكربونات الصوديوم المتبقية :

يقصد (بالكربونات المتبقية) مقدار الكربونات + البيكربونات الذائبة بالماء مطروحا منه مجموع الكلسيوم والمغنيسيوم الذائبين فيه، والمياه التي تحتوى أكثر من ٣,٥ ملليمكافئ/لتر كربونات + بيكربونات متبقية تعتبر مياه غير صالحة للرى.

**والمياه التي تحتوى من ١,٢٥ – ٢,٥ ملليمكافئ/لتر تعتبر متوسطة.**
**والمياه التي تحتوى أقل من ١,٢٥ ملليمكافئ/لتر تعتبر غالبا مأمونة.**

**د- حسب تركيز البورون :**

**يختلف التركيز الذى يسمح به فى الماء حسب درجة مقاومة النبات للأثر** السام للبورون – ونورد فيما يلى جدول رقم (٢) يوضح تقسيم الماء حسب تركيز البورون فيه من ناحية درجة حساسية النباتات.

**جدول رقم (٢): يبين تقسيم الماء حسب تركيز البورون فيه من ناحية درجة حساسية النباتات**

| الدرجة | نباتات شديد المقاومة | نباتات حساسة |
|---|---|---|
| الأولى ( أقل من ٠,٣٣ جزء/مليون ) | أقل من ١,٩ جزء/مليون | أقل من ٠,٦٧ جزء/مليون |
| الثانية ( ٠,٣٢ – ٠,٦٧ جزء/مليون ) | ١,٠ – ٢,٠ جزء/مليون | ٠,٦٧ – ١,٣٣ جزء/مليون |
| الثالثة ( ٠,٦٧ – ١,٠٠ جزء/مليون ) | ٢,٠ – ٣,٠ جزء/مليون | ١,٣٣ – ٢,٠٠ جزء/مليون |
| الرابعة ( ١,٠ – ١,٢٥ جزء/مليون ) | ٣,٠ – ٣,٧٥ جزء/مليون | ٢,٠٠ – ٢,٥٠ جزء/مليون |
| الخامسة (أعلى من ١,٢٥ جزء/مليون) | أعلى من ٣,٧٥ جزء/مليون | أعلى من ٢,٥ جزء/مليون |

**وتقسم بعض المعامل صلاحية الماء للرى إلى الدرجات الآتية :**

– **مياه جيدة** : لا يزيد تركيز مجموع الأملاح بها عن ٧٠٠جزء/مليون ولا تزيد نسبة الصوديوم عن ٦٠% من جملة الكاتيونات.

– **مياه متوسطة** : يتراوح تركيز الأملاح بها من ٧٠٠ إلى ٢٠٠٠ جزء/مليون ونسبة الصوديوم لا تتعدى ٧٥% من جملة الكاتيونات.

– **مياه ضارة** : يزيد تركيز الأملاح بها عن ٢٠٠٠جزء/مليون وتزيد نسبة الصوديوم بها عن ٧٥% من جملة الكاتيونات.

## النظام الأمريكى المقترح لتقدير صلاحية الماء للرى

## (النظام الحديث) FAO

فى اجتماع الخبراء الذي دعت إليه منظمة الغذاء والزراعة FAO فى يونيو سنة ١٩٧٥ لمناقشة تقويم العوامل التي يمكن أن تؤدى إلى تمليح الأرض أو زيادة صوديتها أو ارتفاع مستوى الماء الأرضى فيها*.

"Expert Consultation on Prognosis of Salinity, Alkalinily and Water Logging, Rome."

تقدم Ayers بنظام لتقويم صلاحية الماء للرى اقترحه معمل بحوث الأراضي الملحية الأمريكي وجامعة كاليفورنيا ليحل محل النظام القديم الذي أوضحناه بعد أن زادت ملاحظات الباحثين عليه (وقد أشرنا إلى ذلك).

ويذكر Ayers أن النظام الجديد يقسم الماء بالنسبة إلى: (١) مشاكل التمليح، (٢) نفاذية الأرض، إذ أنها تقل باستخدام ماء شديد الانخفاض فى الأملاح، أو تحتوى صوديوم زائد (ن أ ص عالية)، (٣) تسمم النباتات، (٤) أضرار مختلفة من ناحية pH أو زيادة النتروجين أو غير ذلك إلى ثلاث درجات:

١- ماء بدون مشاكل No Problems ويقصد بذلك أن الماء الذي يحتوى أقل من القيم الواردة بالجدول لا يتوقع مستخدموه عادة أي متاعب ناتجة عن ماء الري بالنسبة للأرض أو المحاصيل النامية.

٢- ماء ذو مشاكل متزايدة مع الوقت.

٣- ماء ذو مشاكل شديدة وهو على عكس (الماء بدون مشاكل) فإن مستخدمي هذا الماء يتوقعون عادة أضرارا من استخدامهم لهذا الماء تحل بالأرض أو بالمحاصيل النامية.

* كان الكاتب عضوا فى هذا الاجتماع الذي دعي إليه ١٥ خبيرا من مختلف أنحاء العالم.

ويشير Ayers أنه فى حالة تقويم الماء من ناحية أثره على تمليح الأرض يقوم التقسيم على أن الاحتياجات الغسيلية Leaching Requirements تضاف عادة، ويقصد بالاحتياجات الغسيلية فى الرى: أقل مقدار من الماء الذي يجب أن ينفذ خلال طبقة نمو الجذور حتى تمنع تجمع الأملاح (لاحظ الفارق بين الاحتياجات الغسيلية فى الرى واحتياجات الماء لطرد الأملاح من الأراضي الملحية تحت الاستصلاح).

وقامت منظمة الغذاء والزراعة FAO بمراجعة النظام الذى أقترح على ضوء ملاحظات تطبيقية منذ عام ١٩٧٥ وصدر عن المنظمة النشرة رقم ٢٩ (Irrig. & Drainage 29, Rev.1) وقد احتوت بعض التعديلات إذ حذف منها ما يتصل بقيمة Adjusted SAR (ن أ ص المعدلة) و $pH_c$ وعدلت بعض حدود التقسيم ونورد فيما يلي النظام الذي ورد بها Ayers & Westcot (1985) – أنظر جدول رقم (٣).

ويرى Ayers & Westcot (1985) أن نظام تقسيم صلاحية الماء الموضح بالجدول (٣) عبارة عن أداة مثل كثير من الوسائل المستخدمة لإرشاد كثير من الطوائف مثل مهندسي الزراعة ومخططي المشروعات وهيئآت الري وغيرهم لتفهم أفضل الأثر لمستوى جودة الماء على الأرض والإنتاج الزراعى، بذا يمكنهم استخدام المياه ذات الجودة المحدودة. وفى جميع الأحوال يجب ألا يعتمد على التحليل المعملي للماء وتطبيق جدول تقسيم جودة الماء فقط بل يجب ربط كل ذلك مع الظروف والاختبارات الحقلية والخبرة الخاصة، فالتقسيم ما هو إلا الخطوة الأولى لتعريف حدود جودة الماء المتاح وهذا وحده غير كاف إذ يقتضي وجود طرق وخيارات أخرى يمكن تطبيقها.

## جدول (٣): يبين نظام تقويم صلاحية الماء للرى

| قيود الاستخدام | | | وحدات | المشكلة المحتملة |
|---|---|---|---|---|
| لا توجد | بسيطة متوسطة | شديدة | | |
| أقل من ٠,٧ | ٣,٠ – ٠,٧ | ٣,٠ < | د س/ م ملليموه/سم. | الملحية تك ECw |
| ٤٥٠ < | ٢٠٠٠ – ٤٥٠ | ٢٠٠٠ | مجم / لتر. | أو مجموع الذائبات |
| نفاذية الماء بالأرض تقدر باستخدام تكم $EC_w$ مع (ن أ ص) SAR | | | | |
| SAR ٠ – ٣ مع | = $EC_w$ | ٠,٧ < | ٢,٠ – ٠,٧ | ٢,٠ > |
| SAR ٣ – ٦ | = $EC_w$ | ١,٢ < | ٣,٠ – ١,٢ | ٣,٠ > |
| SAR ٦ – ١٢ | = $EC_w$ | ١,٩ < | ٥,٠ – ١,٩ | ٥,٠ > |
| SAR ١٢ – ٢٠ | = $EC_w$ | ٢,٩ < | ١٣,٠ – ٢,٩ | ١٣,٠ > |
| SAR ٢٠ – ٤٠ | = $EC_w$ | ٥,٠ < | ٢,٩ – ٥,٠ | ٢,٩ > |
| الصوديوم الأيونى النوعي (يؤثر على النباتات الحساسة) | | | | |
| الصوديوم Na | | | | |
| ري سطحي بالغمر | SAR | ٣,٠ > | ٩,٠ – ٣,٠ | ٩,٠ < |
| ري بالرش | مجم/لتر | ٣,٠ > | | ٣,٠ > |
| كلوريد | CI/ لتر | ٤,٠ > | ١٠ – ٤ | ١٠,٠ < |
| رى سطحى بالغمر | | | | |
| رى بالرش | ممكا /لتر | ٣,٠ > | ٣,٠ < | |
| بورون | مجم /لتر | ٠,٧ > | ٣,٠ – ٠,٧ | ٣,٠ < |
| عناصر دقيقة يرجع إلى الجدول الخاص بها | | | | |
| تأثيرات مختلفة على الحاصلات الحساسة | | | | |
| ن نتراتي ($NO_3$) | مجم /لتر | ٥ > | ٣٠ – ٥ | ٣٠,٠ < |
| بيكربونات $HCO_3$ | ممكا /لتر | ١,٥ < | ٨,٥ – ١,٥ | ٨,٥ < |
| بالرش فقط | | | | |
| pH | | | المدى العادي | ٨,٤ – ٦,٥ |

**ملحية الأرض نتيجة للرى بماء ملحى :**

يحتوى ماء الري مخلوطا من الأملاح كما أن الأرض التي تروى بهذا الماء سوف تحتوى مخلوطا مشابها منها ولو أن تركيز الأملاح عادة يكون بالأرض أعلى منه بالماء الذي رويت به ويتوقف تجمع الأملاح بالأرض المروية على جودة الماء المستخدم ونظام الري وكفاءة الصرف ، فإذا زاد تجمع الأملاح ينخفض المحصول ولتجنب هذا الانخفاض يجب ألا يزيد تركيز الأملاح بالأرض عن المستوى الذي لا يضر النبات.

**تجمع الأملاح :**

تضاف الأملاح إلى الأرض مع كل ريه فإذا تجمعت هذه الأملاح فى منطقة الجذور ينخفض الإنتاج، ولما كان النبات يمتص قدرا كبيرا من الماء المضاف ليواجه احتياجات البخر- نتح ويترك أغلب ما يحتويه من أملاح فى الأرض، يزداد تركيز هذه الأملاح فى مقدار الماء الأرضى ، ويضاف مزيد من الملح مع كل ريه ولذا من الضروري أن يطرد جزء من أملاح منطقة الجذور حتى لا يزداد تركيزها لدرجة تضر النبات، ويتم ذلك بإضافة ماء زائد حتى يرشح جزء منه خلال منطقة الجذور ومنها إلى المصرف أو بعيدا عن منطقة الجذور وهو ما أشرنا إليه بأنه نسبة الغسيل Leaching Fraction (LF).

$$\text{فنسبة الغسيل LF} = \frac{\text{عمق الماء الراشح بعيدا عن منطقة الجذور}}{\text{عمق الماء المضاف إلى سطح الأرض}}$$

وبعد عدد من الريات المتوالية يصل تجمع الأملاح بالأرض إلى حالة من الاتزان بين ملحية الماء المضاف ونسبة الغسيل، ونسبة الغسيل العالية (٠,٥) تؤدى إلى تجمع أقل من الأملاح عما لو كانت نسبة الغسيل منخفضة (٠,١).

فإذا عرفنا تركيز الأملاح بالماء المضاف أو توصيله الكهربائي له (تكر $EC_w$) ونسبة الغسيل (LF) يمكن حساب ملحية ماء الصرف الراشح أسفل عمق المجموع الجذري ومتوسط ملحية منطقة الجذور.

حيث :
$$EC_{dw} = \frac{EC_w}{LF}$$

و $EC_{dw}$ التوصيل الكهربائي لماء الصرف (تكص).

و $EC_w$ التوصيل الكهربائي لماء الري (تكر).

و LF نسبة الغسيل (ن غ).

فإذا فرضنا أن $EC_w$ = ١ د س /م (ملليموه/ سم).

و LF = ٠,١٥

تكون : $EC_{dw}$ = $\frac{١}{٠,١٥}$ = ٦,٧ د س /م.

أى أن ملحية الماء الأرضي الراشح أسفل عمق المجموع الجذري يكون تقريبا نحو ٦,٧ د س/م (ملليموه/ سم).

**حساب متوسط ملحية ماء الصرف :**

بفرض أن ملحية ماء الري (تكر $EC_w$) = ١ دس /م ( ملليموه /سم).

وأن البخر– نتح للمحصول ١٠٠٠ مم/مدة النمو.

وأن النبات يمتص ٤٠% من حاجته من الماء من الطبقة السطحية أو الربع الأول من عمق المجموع الجذرى و٣٠% من الربع الثاني و٢٠% من الربع الثالث و١٠% من الربع الرابع.

وأن نسبة الغسيل ن غ (LF) = ١٥% أى أن ١٥% من الماء المضاف إلى سطح الأرض يرشح إلى أسفل المجموع الجذرى و٨٥% منه يحل محل الماء الذى امتصه النبات ليفى باحتياجات البخر– نتح.

يكون :

الماء الواجب أضافته = ماء البخر نتح / (١ − LF) = ١٠٠٠ / ٠,٨٥ = ١١٧٦ مم ماء

لما كان الماء المضاف على سطح الأرض يغسل الطبقة السطحية وبذا تنخفض ملحية هذه الطبقة وتقترب كثيرا من ملحية الماء المضاف أي ١ د س/م ويرشح الماء من كل ربع من عمق الجذور إلى الربع الأسفل منه فيكون ملحية $LF_1$ أى نسبة الغسيل من الربع الأول :

$LF_1$ = (١١٧٦ − ٠,٤ (١٠٠٠)) / ١١٧٦ = ٠,٦٦

∴ $EC_{sw1}$ = $EC_w$ / $LF_1$ = ١ / ٠,٦٦ = ١,٥ د س/م

ويكون :

$LF_2$ عند قاع الربع الثانى = (١١٧٦ − ٠,٤ (١٠٠٠) − ٠,٣ (١٠٠٠)) / ١١٧٦ = ٢,٤

$EC_{sw2}$ = ١ / ٢,٤ = ٢,٥ د س/م.

وتكون $LF_3$ عند قاع الربع الثالث من عمق الجذور =

(١١٧٦−٠,٤ (١٠٠٠)− ٠,٣(١٠٠٠)−٠,٢ (١٠٠٠)) / ١١٧٦ = ٠,٢٣

$$\therefore \quad EC_{sw3} = \frac{1}{0.23} = 4.3 \text{ د س/م}$$

وتكون $LF_4$ عند قاع الربع الرابع من عمق الجذور =

$$\frac{1167 - 0.4(1000) - 0.3(1000) - 0.2(1000) - 0.1(1000)}{1176} = 0.15$$

$$EC_{sw4} = \frac{1}{0.15} = 6.7 \text{ د س/م (ملليموه/سم).}$$

ويكون متوسط ملحية طبقة الجذور هو متوسط القيم الخمس =

$$\frac{1 + 6.7 + 4.3 + 2.5 + 0.66}{5} = 3.2 \text{ د س/م}$$

وتوضح هذه الحسابات أيضا أن ملحية الماء الراشح أسفل طبقة الجذور تساوى ٣,٢ مرة ملحية الماء المضاف على السطح.

وإذا كان متوسط ملحية المحلول الأرضي ٣,٢ فملحية مستخلص التربة عند درجة التشبع تعادل نصف هذه الملحية أى ١,٦ أى أن متوسط ملحية مستخلص الأرض عند درجة التشبع يساوى تقريبا ١,٥ مرة ملحية ماء الرى.

ويجدر التنبيه إلى أن خفض الأملاح لقدرة النبات على امتصاص الماء ليست متساوية وقد تصل الفروق إلى ٨ أو ١٠ أمثال قدرة بعض النباتات على امتصاص الماء بالنسبة إلى غيرها.

**جودة ماء صرف المصانع :**

تستخدم المصانع كميات كبيرة من الماء فى عمليات التبريد أو التنظيف أو عمليات الإنتاج نفسها.

وماء صرف هذه المصانع يحتوى عادة على أملاح وأحماض ودهون وشحوم كما قد يوجد بها مقادير من العناصر الثقيلة السامة.

يحتاج هذا الماء إلى معالجة حسب ما يحتويه من مواد حتى يكون مأمونا إذا استخدم أو خلط بماء الرى.

ومقادير ماء صرف المصانع فى مصر يشكل مقدارا ذا أهمية فكانت سنة ١٩٨٤ نحو ٧٠٠ مليون م$^{٣}$ سنويا وكان المتوقع أن يصل إلى نحو ٢ مليار م$^{٣}$ سنة ٢٠٠٠.

وتصب مياه بعض المصانع فى النيل ففى شمال قوص وشمالى حلوان تنقص نسبة الأوكسجين المذاب (< ٥) بسبب صرف ماء المصانع ، ثم تختفى هذه الظاهرة بعد بضعة كيلو مترات من مواقع الصرف.

وأكثر الصناعات إخراجا لتركيزات عالية من المواد العضوية أو المركبات السامة هى صناعة المبيدات الحشرية والمدابغ والصناعات الدوائية وصناعة البلاستيك وإطارات السيارات والألبان ولب الورق والورق والزيت والصابون والصناعات الكيميائية.

ومصدر المـــاء المستخدم فى بعض هذه الصـــناعات هو المـــاء الجوفى الملحى ويصرف فى مجارى ماء الرى أو الصرف.

وتكلفة معالجة ماء صرف المصانع حتى تصبح صالحة للرى تختلف كثيرا باختلاف الصناعة ولكنها عموما تبلغ نحو ٣٥ جنيه لكل نحو ١٠٠٠م وتصل إلى ١٠٠٠ جنيه لكل ١٠٠٠م$^{٣}$ فى مدابغ الجلود ولذلك لا يوجد ما يبرر إعادة استخدام هذا الماء فى الرى ما لم يكن يوجد دوافع أخرى.

**جودة ماء صرف محطات توليد الكهرباء بمصر**

تستخدم محطات توليد الكهرباء مقادير كبيرة من الماء فى التبريد وغسل الفرازات ولذا فماء صرف هذه المحطات مقصور على ماء الغسيل وهو يحتوى عادة على نسبة عالية من الأحماض.

وكمية الماء المستخدم فى مصر سنة ١٩٨٤ فى محطات توليد الكهرباء نحو ٢ مليارم$^{٣}$ سنويا ويتوقع أن تبلغ ٤ مليار م$^{٣}$ سنة ٢٠٠٠ وتكاليف معالجة ماء صرف هذه المحطات تبلغ نحو ٤,٥ جنيها لكل ١٠٠٠م$^{٣}$ ولذا يمكن استخدامها فى الرئ ويجب المحافظة عليها وإعادتها إلى النيل أو قنوات الرى الكبرى ويعترض ذلك ارتفاع درجة حرارتها ويقترح تعويق وصولها إلى مجرى النيل أو قنوات الرى وبذا تنخفض حرارتها إلى ما يقرب من درجة حرارة الجو.

**قوانين تنظيم صرف ماء الصرف فى المجارى المائية :**

وقد صدر القانون رقم ٩٣ سنة ١٩٦٢ الخاص بتنظيم التخلص من مخلفات الصناعة بصرفها فى مجارى الصرف الصحى فى مصر :

أولا – يمكن صرف مخلفات الصناعة فى المجارى العـامة للصرف الصحى إذا توفرت الشروط الآتية :

١– لا تزيد درجة حرارة المخلفات عن ٤٠°م.

٢– لا يقل الرقم الهيدروجينى pH عن ٦ ولا يزيد عن ٩.

٣– لا يزيد قطر المواد العالقة والقابلة للرسوب عن ١,٥سم ولا يتعدى تركيزها ٥سم$^{٣}$/لتر خلال ١٥ دقيقة و ١٠سم$^{٣}$/لتر خلال ٣٠ دقيقة.

٤– لا يتعدى كبريتيد الهيدروجين Hydrogen sulfide مقدرا على صورة كبريت "S" عن ١ مجم/لتر.

٥– لا يتعدى النفط والدهون ١٠٠مجم/لتر.

٦– لا يحتوى تركيزات من السموم ضارة بالأسماك أو الأحياء المائية الأخرى.

٧– لا يحتوى مفرقعات أو مواد قابلة للانفجار على درجة حرارة ٨٥° أو أقل.

**ثانيا – يمكن التخلـص من المخلـفات المائية فى المصـارف إذا توفـرت بها الشروط الآتية :**

١– لا يزيد الطلب على الأكسجين الحيوى (BOD) عن ٦٠ مجم/لتر.

٢– لا يزيد الطلب الكيميائى على الأكسجين (COD) عن ٤٠ مجم/لتر.

٣– لا يزيد المواد العالقة عن ٨٠ مجم/لتر.

٤– الرقم الهيدروجينى (pH) بين ٦ و ٩ .

٥– لا تزيد الكبرتيدات Sulfides عن ١ مجم/لتر.

٦– لا تزيد عناصر الكروم والفضة والنحاس والمغنسيوم والكلسيوم والرصاص والنيكل والباريوم والسليكون عن ١ مجم/لتر سواء كل منها على حدة أو مجتمعة .

٧– لا يزيد النفط والدهون ١٠مجم/لتر.

**آلـية تملح الأرض عند ريها بماء ملحى :**

من الدراسات التى قمنا بها اتضح ان الماء الملحى الذى يضاف إلى عمود من الأرض يشبع الطبقة السطحية التى تحتفظ بقدر من الماء بما يعادل السعة الحقلية وبقدر من الأملاح بما يعادل ماء السعة الحقلية × تركيز الأملاح بالماء المستخدم والإضافة التالية تدفع ماء السعة الحقلية إلى الطبقة الأسفل منها بما فيها من املاح ذائبة حيث يتجمع فى الطبقة الجديدة قدر من الماء يعادل السعة الحقلية فى الطبقة الجديدة ومقدار من الأملاح يعادل ماء السعة الحقلية × تركيز الأملاح بالماء وهكذا حتى نهاية العمود أو فى حالة الحقل يصل الماء إلى مستوى الماء الأرضى أو إلى المصرف.

وبالنسبة للحاصلات التى تروى عدة مرات كما هى الحال عند استخدام الرى السطحى يرتبط الإنتاج مع ملحية منطقة الجذور. أما فى الحاصلات التى تروى يوميا أو بطريقة التنقيط فيرتبط الإنتاج المتوسط الموزون بملحية منطقة الجذور.

**مشكلة انخفاض نفاذ الماء خلال الأرض :**

تحدث هذه المشكلة عندما تكون ناتجة عن انخفاض جودة الماء عند ما ينخفض نفاذ الماء خلال الأرض انخفاضا واضحا ويظل الماء راكدا أعلى سطح الأرض وقد لا يمد المحصول القائم بحاجته من الماء لإنتاج المحصول المتوقع والعاملان الأساسيان اللذان يسببان انخفاض نفاذية الماء خلال الأرض هما ملحية الماء أثر مجموع ما فى الماء من أملاح ومحتوى الماء من الصوديوم بالنسبة إلى محتواه من الكلسيوم والمغنسيوم.

والماء ذو الملحية المنخفضة يزيد انخفاض نفاذ الماء بالأرض وكذا الماء المحتوى صوديوم مرتفع بالنسبة للكلسيوم.

وقد تنشأ مشكلة قانونية إذا كان من الضرورى إطالة فترة الرى لإطالة الفترة التى تنفذ الماء خلال الأرض ويتسبب عن ذلك تكون قشرة سطحية وزيادة نمو الحشائش واختلال نظام التغذية وغرق المحصول وتعفن البذور.

وأحد المشاكل الهامة لعدم نفاذ الماء بالأرض هو زيادة احتمال حدوث الأمراض نتيجة تكاثر الناموس.

وعدم نفاذية الماء خلال الأرض يحدث عادة على الطبقة السطحية للأرض فى السنتيمــترات السطحية بالأرض وذات صلة بثبات بناء الأرض فالجزيئات بالطبقة السطحية تتــفرق إلى حبيــبات مفرقة وتتكون تربة عالية الصوديوم ونشر مسامها بالحبيبات المفرقة وفى بعض الحالات تؤدى المياه منخفضة الأملاح مشاكل مشابهة، ولو أنها تنتج عن مشكلة بخر فالماء قليل الأملاح يترسب ويغسل معظم المعادن القابلة للذوبان بما فيها الكلسيوم من سطح الأرض.

**التســمم :**

تحدث مشكلة التسمم إذا احتوى الماء أو الأرض على مكونات معينة يمتصها النبات وتتجمع حتى يزداد تركيزها حتى تصبح سامة للنبات فينخفض الإنتاج.

ودرجة الضــرر تتوقف على المقدار الممتص وعلى حســاسية النبات والحاصلات المستديمة – أشجار الفاكهة أكثر حساسية يحدث الضرر عادة فى حالة التركيزات المنخفضة نسبيا بالنسبة للحاصلات الحساسة، وتبدو أولا عادة باحتراق أطراف الأوراق وأصفرار العروق. وإذا كان تجمع هذه السموم عاليا لدرجة تخفض الإنتاج فإن الحاصلات السنوية الأكثر مقاومة لا تتأثر فى حالة التركيزات المنخفضة، غير أن أغلب الحاصلات أو جميعها تصيبها الأضرار أو تموت إذا كان التركيز عاليا.

والأيونات ذات الأهمــية هى الكلورايد والصوديوم والبورون ولو أن مشكلة التسمم قد تحدث حتى عندما تكون هذه الأيونات منخفضة التركيز، والتسمم قد يصاحب ويعقد مشكلة ملحية الماء أو عدم نفاذيتها بالأرض وينتج الضرر عندما يمتص النبات الأيونات المحتمل أنها سامة بكميات ذات أهمية مع امتصاص الماء من الجذور وتنقل الأيونات الممتصة إلى الأوراق حيث تتجمع خلال انتقالها وتتجمع الأيونات على ما يكون فى المساحات التى يحدث فيها فقد كبير للماء وهو أطراف الأوراق وحوافها.

والتجمع حتى التركيزات السامة يتم بعد مضى وقت على فترة التعرض لها وعلى تركيز الأيون السام وحساسية المحصول أو الفترة الحارة من السنة ويحدث التجمع إذا زرع المحصول نفسه فى موسم أبرد فلا يبدو عليه غير أعراض بسيطة من الضرر.

وقد يحدث التسمم أيضا من الامتصاص المباشر للأيونات السامة عن طريق الأوراق عند ابتلالها فى عملية الرى بالرش وأيونات الكلورايد والصوديوم يمتصان عن طريق الأوراق مثل حالة الموالح وبزيادة التركيزات فى الماء المستخدم يحدث الضرر بسرعة ويصبح مع الوقت شديدا.

**مشاكل أخــرى :**

تحدث مشـــاكل أخرى مرتبطة بجوّدة الماء يمكن ملاحظتها وتتضمن تركيزات عالية من النيتروجين فى الماء فيزداد إمداد النيتروجين للمحصول وقد يؤدى إلى زيادة النمو الخضرى أو الرقاد وتأخر النضج وقد لا يلاحظ بالنسبة للماء الغنى بالنيتروجين فيترسب على الأوراق والثمار خصوصا عند الرى بالرش بماء عالى الكربونات أو الماء الذى يحتوى الجبس أو الماء المحتوى حديد وغير ذلك من الشوائب مرتبطة بـــ pH غير عادى للماء.

ويعانى بعض الزراع الذين يروون حدائقهم من تلف التجهيزات الناتج عن تآكل المعادن.

وهذه المشكلة ذات أهمية كبيرة بالنسبة لاستخدام المضخات ومياه الآبار، غير أنه فى بعض المواقع فالماء محدود الجودة قد يفسد تجهيزات الرى والقنوات والماء محدود الجودة قد يكون سببا فى انتشار الملاريا أو داء الفيل نتيجة تكاثر الناموس.

ومن المشكلات الثانوية للرى بمياه الصرف الصحى فإنه يسبب وجود رواسب معلقة تسد فتحات الرشاشات والمنقطات والأغلب أن الرواسب تملأ القنوات ويحتاج عملية تنظيف (تطهير) مكلفة كما ان الرواسب تقلل نفاذية الماء فى الأرض.

# تقدير الماء اللازم لطرد الأملاح من الأرض

**الغسيل بماء ملحي :**

الأراضى الملحية الغنية بالصوديوم المتبادل والأملاح الذائبة التى يسود فيها الصوديوم يكون غسيلها سريعا فى البداية ثم يبطئ نفاذ الماء خلال الأرض كلما انخفض تركيز الأملاح فى الماء حتى يصبح الغسيل بماء ذى تركيز متوسط من الأملاح على ألا يكون الصوديوم فيه سائدا أى تكون نسبة ادمصاص الصوديوم ن أ ص ESP منخفضة أو متوسطة وننبه أن فى هذه الحالة يكون نفاذ الماء أسرع وتتخلص الأرض من أملاحها فى فترة قصيرة فيجب تجنب استعمال ماء صودية ذات ن أ ص مرتفعة فاستعمال مثل هذا الماء ولو أنه يخفض تركيز الأملاح بالأرض إلا أنه يزيد النسبة المئوية للصوديوم المتبادل.

**أثر الغسيل على الكاتيونات المتبادلة (Bower & Goerzen)**

أوضح باورو وجرسين أن كربونات الكلسيوم الموجودة أصلا بالأرض تساهم فى تخفيض نسبة الصوديوم المدمص إلى السعة التبادلية الكاتيونية ESP وأشار كيلى و أوفرستريت Overstreet إلى إمكان استصلاح الأراضى الملحية الصودية بالغسيل بالماء فقط دون إضافة جبس.

وفى دراستنا (بلبع والليثى) باستعمال أعمدة من أرض ملحية صودية وغسلها بمقادير من الماء وقدرت الكاتيونات المتبادلة فى طبقات العمود وقد اتضح من هذه الدراسة الآتى :

- انخفضت النسبة المئوية للصوديوم المتبادل باستعمال الماء فقط ، وكان الانخفاض في الطبقات العليا من العمود ثم يتناقص بالاتجاه إلى أسفل طبقات العامود، كما اتضح أن حلول الكلسيوم محل الصوديوم يتزايد أيضا بزيادة مقدار الماء المضاف.

- وفى حالة استخدام مقدار من الماء لا يكفى لطرد الأملاح الذائبة وأغلبها صوديوم من العمود الأرضى فإن الصوديوم المدمص فى الطبقات السفلى لا يطرد من سطوح الطين لزيادة تركيز الصوديوم فى هذه الطبقات وبزيادة الماء المضاف تطرد الأملاح خارج العمود وتظهر نسبة زيادة الكلسيوم المذاب فينخفض الصوديوم المتبادل فى العمود كله.

**الغسيل المتقطع والمستمر :**

بعد أن يتقرر - من الفحص - مقدار الماء اللازم للتخلص من الأملاح إلى العمق المطلوب كانت الحاجة إلى إضافة المصلحات الكيميائية ومقدار هذه المصلحات إذا كانت الأرض تحتاج إليها تبدأ عملية الغسيل إذا كانت تسوية الأرض قد تمت بعملية التلويط فيجب تركها حتى تجف (تستحرث) ثم يجرى حرثها عميقا حتى يمكن إزالة أثر عملية التلويط التى تؤدى إلى خفض مسامية الأرض.

وتقام جسور كل قطعة حتى يمكنها تحمل ضغط الماء ثم تملأ القطع بالماء إلى عمق ١٠ - ١٥سم وتترك ليرشح الماء منها كاختبار عملى لمدى كفاءة المصارف. فإذا رشح هذا المقدار من الماء إلى باطن الأرض فى مدة أطول من ٥ أيام دل ذلك على حاجة الأرض إلى زيادة مصارف القطع ووجب حفر مصرف بين كل مصرفين بصفة مؤقتة وردمه عند تمام الاستصلاح.

يعاد ملء القطع بالماء إلى أعلى عمق ممكن (حوالى ٢٠سم) وتقفل فتحات الصرف ويترك الماء ليرشح خلال الأرض إلى المصارف.

يضاف الماء يوميا بقدر ما يرشح منه بحيث يتكون تيار مستمر من سطح الأرض إلى باطنها ومنه إلى المصرف حاملا معه الأملاح الذائبة.

ويرى البعض أن ما يرشح من الفدان يوميا عند الغسيل يبلغ حوالى ٤٠م$^{٣}$ من الماء (البحيرى).

ويلاحظ أن يغطى الماء سطح الأرض فلا يترك أجزاء فيه دون تغطية وإلا أدى ذلك إلى بخر الماء من هذه الأجزاء وتراكم الأملاح فيها.

ويرى البحيرى أن عملية الغسيل الجوفى تحتاج إلى ٨٤٠٠م$^{٣}$ من الماء للفدان أى حتى عمق ٢م من الماء ، وتتوقف المدة التى يتم فيها الغسيل على درجة نفاذية الأرض وتستمر عادة من ٢ إلى ٣ شهور فى الأراضى الطميية المنفذة وقد تمتد إلى أكثر من سنتين فى الأراضى الطينية الثقيلة.

ويقوم أغلب الزراع فى مصر بعملية الغسيل وقت الفيضان إذ تتوفر المياه ويمتد الغسيل حتى الشتاء حيث يوقف الغسيل خلال السدة الشتوية وتترك الأرض لتجف لإمكان زراعة حاصلات فيها خلال الفترة الباقية من عملية الاستصلاح والوصف الذى قدمناه يطلق عليه الغسيل الجوفى المستمر.

ويرى البعض أن الغسيل الجوفى المتقطع أفضل حيث يضاف الماء ويترك حتى يرشح دون زيادته فتجف الأرض وتحرث ويضاف مقدار آخر من الماء ومن رأيهم أن التجفيف ثم الحرث يحسن نفاذية الأرض ويساعد على سهولة نفاذ الماء خلالها حاملا معه الأملاح إلى المصارف.

وفى دراسة لنا (بلبع والليثى) لهذا الموضوع سنة ١٩٦٢ أوضحنا أن الغسيل المتقطع يحتاج إلى ماء أكثر حتى يزيل الأملاح إلى مستوى معين لأن الأرض عند إضافة الماء إليها تحتفظ فى مسامها بمقدار منه يعادل السعة الحقلية فالغسيل المتقطع يؤدى إلى أن الأرض تخفض الماء الذى يطرد الأملاح بمقدار ما تحتفظ به من ماء فى مسامها.

وعند إضافة ٤٥٠سم$^{٣}$ من الماء إلى عامود أرضى دفعة واحدة يرشح منه ٢٢٥سم$^{٣}$ وانخفض تركيز الأملاح فى الأرض من ١٢٧ ملليمكافئ/١٠٠جم أرض إلى ٩,٦ ملليمكافئ/ ١٠٠ جم أرض.

أما عند إضافة نفس مقدار الماء على دفعتين كل منهما ٢٢٥سم$^{٣}$ ماء ثم تركها لتجف حتى يقف الرشيح ثم التجفيف ثم إضافة ٢٢٥سم$^{٣}$ أخرى انخفضت الأملاح إلى ٢٩ ملليمكافئ/ ١٠٠ جم أرض.

وفى رأينا أن الغسيل المستمر يجب اتباعه عندما يكون الماء المتوفر للغسيل عاملا محددا وفى أرض جيدة النفاذية وذات مستوى ماء أرضى ملحى قريب من سطح الأرض أما إذا كان الماء الأرضى بعيدا وكانت النفاذية رديئة وماء الغسيل متوفر فإن الغسيل المتقطع يعطى نتيجة أفضل.

ونشير هنا إلى دراسة حقلية عن الغسيل المتقطع والمستمر فى أبيس حيث مستوى الماء الأرضى على عمق ١١٠سم والأرض جيدة النفاذية :

١- انخفض تركيز الأملاح بعد إضافة الماء انخفاضا واضحا ثم ازداد التركيز تدريجيا بين كل إضافتين متتاليتين.

٢- فى حالة الغسيل المتقطع كان مستوى تركيز الأملاح النهائى أعلى منه فى الغسيل المستمر.

واستخدام ماء البحر فى استصلاح الأراضى الصودية بماء البحر ذو تركيز مرتفع من الأملاح (نحو ٣٢ جم/لتر) والكاتيون السائد فيه هو الصوديوم.

واستخدام هذا الماء فى استصلاح الأراضى الصودية لم يكن من الأمور التى يفكر فيها الباحثون.

كان لباور و ريف Bower & Reeve رأى آخر أنه ما دام ماء البحر يحتوى قدرا من الكاتيونات الثنائية (حوالى ٢٠% من أملاح الكلسيوم والمغنسيوم) فإن نسبة (ن أ ص) SAR تنخفض بتخفيفه بماء البحر فإذا كانت (ت) هى نسبة التخفيف فإن SAR تنخفض بتخفيفها وإذا كانت (ن) نسبة التخفيف فإن :

$$\text{ن أ ص (SAR)} = \frac{\text{ص}}{\text{ت}} / \sqrt{\frac{\text{كا}^{++} + \text{مغ}^{++}}{\text{ت}}}$$

حيث تركيز الكاتيونات يعبر عنها بالمليجزئ .

ولما كانت النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP تتناسب طرديا مع SAR فإن التخفيف الذى يخفض قيمة ن أ ص يؤدى أيضا إلى خفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP عند الوصول إلى حالة الاتزان الأرضى ومن المعروف أن التوصيل الهيدروليكى للأرض المحتوية على الأملاح أسرع منه فى نفس الأرض عند خلوها من الأملاح.

فقام Bower & Reeve بتجربتهما لتوضيح إمكان استخدام ماء البحر بنظام خاص لخفض الصوديوم المتبادل من الأرض الصودية.

وكانت الأرض المستخـدمة فى التجـربة من وادى كوتشيلا بجنوب كاليفورنيا ولها الخواص الآتية :

- سعة تبادلية كاتيونية ٨,٩ ملليمكافئ/١٠٠جم نسبة صوديوم متبادل ٢٩% ESP لمستخلص الأرض عند التشبع النسبة التشبعية ٣٧%.
- التوصيل الكهربائى $EC_e$ ٤,٦ ds/m رقم هيدروجينى عند التشبع ٨,٧ وأعدت أعمدة من هذه الأرض وغسلت على أن تبدأ خطوات الغسيل لكل معاملة من أعلى إلى أسفل فالمعاملة غسلت أولا بماء بحر Salton حتى وصلت إلى حالة الاتزان مع هذا الماء ثم بماء مخفف ٦ ماء عذب + ٧ نهر كلورادو ثم بالماء + ١٥ نهر.

ويتحقـق من الوصـــول إلى حالة الاتزان فى كل خطوة من خطوات التخفيف بتحليل الراشح والتأكد أن له نفس تركيز الماء المستعمل وقد حصلا على النتائج بالجدول (٤) الآتى :

### جدول (٤): نتائج التخفيف بتحليل الراشح

| التخفيف | متوسط التوصيل الهيدروليكى (١ سم/ساعة) | | | |
|---|---|---|---|---|
| ١ | مياه بحر سالتون | مياه بحر سالتون | | |
| ٢ | ١ + ١ | ٠,٥٧ | ٠,٥٨ | |
| ٤ | ١ + ٣ | ٤٩ | | |
| | ٧ + ١ | ٠,٣٧ | | |
| ١٦ | ١ + ١٥ | ٠,٣٥ | ٠,٤٩ | |
| ٣٢ | ١ + ٣١ | ٠,٤٧ | ٠,٢٤ | |
| ٦٤ | ١ + ٦٣ | ٠,٥٩ | ٠,٤٥ | |
| | مياه نهر كلورادو | ٠,٦٩ | ٠,٤٩ | ٠,٢٣ |

### جدول (٥): معاملات الغسيل ودرجات التخفيف بمياه بحر سالتون

| معامل التخفيف | المعاملات | | | | التخفيف |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | د | ج | ب | د | مياه بحر سالتون |
| ٢ | ع | | | ع | ١ + ١ |
| ٤ | ع | ع | ع | | ١ + ٣ |
| ١٦ | ع | ع | ع | ع | ١ + ١٥ |

- كل معاملة للغسيل تتكون من إضافات متتالية من الماء الموضح أمامها (ع) بالترتيب من أعلى إلى أسفل (Bower & Reeve) .

**أمثلة من الماء محدود الجودة :**

تستخدم فى مناطق كثيرة فى العالم وهذا الاستخدام يستلزم حرصا شديدا بالنسبة للمشاكل التى يسببها هذا الماء. وعادة يكون هذا الماء هو المصدر الوحيد المتاح للماء ورغم أن المحصول الناتج قد لا يكون عاليا إلا أن مستخدميه يظلون يستخدمونه.

**المساحات ذات الماء العذب :**

فى المساحات التى بها ماء عذب معرض إلى تداخل ماء المحيط الهادى عن طريق خليج سان فرانسيسكو، وأنشئ نظامان كبيران لتوزيع الماء فى قناة دلتا مندوتا وقناة كاليفورنيا ويسحبان ماءهما من الدلتا للزراعة والاستخدام المدنى فى كاليفورنيا.

وإذا زاد سحب الماء تزايدت الأملاح فى الماء المتبقى فى قناة الدلتا إذ يزداد دخول ماء البحر وإضافة لذلك أغلب تصرف نهر سان بواكين الذى يتدفق فى الدلتا من الجنوب قادما من مجراه العلوى وأدى ذلك إلى أن التصرف فى المجرى السفلى أغلب السنة يتكون أغلبه من ماء الصرف الزراعى الذى يصل إلى الدلتا.

وإصدار ماء الدلتا يجب أن يتم بحرص شديد ليتوافق مع تصرف الدلتا لتجنب تدهور الماء من دخول ماء المحيط من خليج سان فرانسيسكو ومساحة الدلتا نحو ٢٣٠ ألف هكتار من أخصب أراضى العالم.

ونسبة هامة من هذه الأرض المروية تبلغ نحو ٦٠ ألف هكتار من الأراضى العضوية تروى من مياه الدلتا، ويتخوف الزراع أن الذرة وهى أهم منتجات الدلتا سينخفض إنتاجها بسبب التمليح ، وأن محصول الذرة لم يتأثر كثيرا بطريقة الرى ما دام الغسيل الجيد مطبقا.

وأن النتائج العامة للتجارب أوضحت أن الرى تحت الأرضى فى الأرض العضوية لم تنتج عنه أضرار الأملاح فى ماء الرى كما يحدث فى الأراضى المعدنية ، بصرف النظر عن استخدام الرى بالرش أو تحت السطح.

ومعامل تركيز ملحية الماء إلى الماء الأرضى فى أراضى الدلتا العضوية اختلفت عن تركيز الأملاح فى الماء المضاف. وفى حالة ملحية الماء المنخفضة يكون معامل التركيز بالنسبة لأرض الدلتا العضوية عاليا.

وإساءة استخدام ماء الصرف الزراعى بماء منطقة Brada Ariew فى الشمال على الجانب الغربى من وادى سان بواكين فى المساحة التى تستقبل أقل من ١٠٠مم من المطر سنويا.

وهذه المساحة ٦٤٠٠ هكتار تستقبل أيضا ماءا سطحيا من منطقة الدلتا بكاليفورنيا (EC ٠,٣ – ٠,٥) من قناة دلتا متدفقا ويستخدم تقريبا ٠,٩٥م للهكتار التى يأتى ٥٠% منها الإمداد السطحى و ٥٠% من الصرف الزراعى الذى يتم تدبيره وإعادة استخدامه بصبه فى قناة الرى.

وأدى خلط الماء إلى زيادة حجم الماء للأراضى بالمنطقة ولو أنه من الضرورى الاختيار من بين الحاصلات بالنسبة لتحملها للماء المخلوط وبمضى الوقت ساءت جودة الماء المخلوط وتغير التركيب المحصولى ، وكانت المنطقة تزرع نحو ٤٠% من أراضيها بالطماطم سنة ١٩٦٠ حتى ١٩٧٥ وفى ١٩٨٠ لم تزرع الطماطم بالمنطقة لانخفاض المحصول الناتج بسبب الأملاح.

**استخدام ماء شديد الانخفاض فى الملحية بوادى سان بواكين USA :**

تمد قناة سان بواكين المزارع على طول الساحل الشرقى لوادى سان بواكين وتمتد من غرب Fresno إلى مناطق جنوبى Bakers feeld لمسافة نحو ٢٥٠كم.

توصل قناة Kern–Frcent الماء فى نهر سان بواكين إلى مزارع على امتداد الساحل الشرقى من فرزنو Fresno إلى مناطق جنوبى Bakers field أغلب هذا الماء ناتج من سيول ذوبان الثلوج وتخزينها خلف نهر Freant لاستخدامها فيما بعد فى الرى.

وملحية هذا الماء شديدة الانخفاض Ecds/m ولذا فهى تسبب فى أوقات كثيرة مشكلة نفاذية الماء بالأرض المزروعة بحاصلات حساسة مثل البطاطس والموالح وقيمة SAR نفسها كافية لتسبب بطئ النفاذية ٠,٥ SAR.

ويضاف الجبس لزراعات البطاطس بمعدل نحو ١٠ طن/هـ/سنة ويؤدى ذلك إلى تحسين واضح بمعدل النفاذية كما أن الماء المضاف والجبس يزيدان محتوى الكلسيوم إلى ٢ – ٣ ملليمكافئ/لتر أيضا .

وفى حالات قليلة كان من الممكن استخدام ماء البئر لمحصول البطاطس وماء القناة لرى الحاصلات الأعمق جذورا وحاصلات أقل حساسية من القطن والكروم وأشجار الفاكهة.

– تحليل ماء سان بواكين Frian بكاليفورنيا :

| ds/m | $EC_w$ | pH | Ca | Mg | Na | K | Cl | $SO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٠,٠٦ | ٧,٨ | ٠,٢ | ٠,١ | ٠,٢ | ٠,١ | ٠,١ | ٠,١ |

– ماء نيل القاهرة :

| ds/m | $EC_w$ | pH | Ca | Mg | Na | K | Cl | $SO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٠,٣ | ٦,٩ | ٠,٧ | ٠,٤ | ١,٠ | ٠,٧ | ١,٠ | ٠,٣ |

**جدول (٦): تركيز العناصر الدقيقة فى ماء الصرف الصحى**

| العنصـــــر | التركـــــيز |
| --- | --- |
| الفضـــة | أقل من ٠,٠٠١ |
| الزرنيخ | ٠,٠٠٢ |
| الباريوم | أقل من ٠,٠٠١ |
| الكادميوم | ٠,٠٠١ |
| النحاس | ٠,٠١٣ |
| الزئبق | ٠,٠٠٠٣ |
| النيكل | ٠,٠٣ |
| الرصاص | ٠,٠٥ |
| السيلينيوم | ٠,٠٠٣ |
| الزنك | ٠,٠٤١ |

. (Ayers & Westcot)

## ❖ الاحتياجات الغسيلية

فى الحديث عن الميزان الملحى أوضحنا أن :

$$\text{الاحتياجات الغسيلية للتحكم فى الأملاح} = \frac{\text{عمق ماء الصرف}}{\text{عمق ماء الرى}} = \frac{\text{التوصيل الكهربائى لماء الرى}}{\text{التوصيل الكهربائى لماء الصرف}}$$

والكسر الناتج يمثل الزيادة فى ماء الرى الواجب إضافتها مع كل رية للتحكم فى الأملاح بالأرض فإذا كانت الاحتياجات الغسيلية أغ ونسبة الغسيل LR تساوى ١٠% فإن ذلك يعنى أن الماء الواجب إضافته حتى تصل الأرض إلى سعتها الحقلية ( حتى العمق المطلوب ) يجب أن تزيد بمقـدار ١٠% والمقام هو

التوصيل الكهربائى (أو تركيز الأملاح) الأرض عند درجة التشبع $EC_e$ الذى تعطى الأرض محصولا يعادل ٥٠% من المحصول الناتج فى ظروف خالية من الأملاح وذلك لحاصلات العلف والحقل والخضر، ويمكن الحصول عليها من جداول مبينة على دراسات تحمل المحصول للأملاح (تسمى طريقة حساب الاحتياجات الغسيلية بالطريقة التاريخية).

ومن رأى معمل بحوث الأراضى الملحية الأمريكى أن تركيز الأملاح وبالتالى التوصيل الكهربائى للمستخلص يزداد مع عمق القطاع وبالتالى فإذا كان التركيز عند عمق أبعد من عمق الجذور يسمح بإنتاج نصف المحصول فمعنى ذلك أن التركيز فى منطقة حول الجذور يكون أقل من ذلك أما إذا كان المطلوب محصولا أعلى من ذلك فيجب اعتبار التوصيل الكهربائى الذى يعطى ٧٥% من المحصول هو قيمة وبالتالى فإن الظروف حتى عمق الجذور تكون قريبة من ظروف غير ملحية وينطبق ذلك على الأرض المتجانسة فى حالة اتزان.

أما فى محاصيل الفاكهة فإن بسط الكسر هو التوصيل الكهربائى لماء الرى أما المقام فهو التوصيل الكهربائى لمستخلص الأرض عند درجة التشبع الذى يغطى الأرض عند محصول يعادل نقص ١٠% من المحصول الناتج فى ظروف خالية من الأملاح.

وقد اختـبر Bower وزملاءه قـيم تكس $EC_e$ المذكورة والتى يمكن الحصول عليها من جداول تحمل النباتات للأملاح بدلا من قيم تكس $EC_d$ يحدد ذلك باستخدام اليزيمترات وقد وجد أن تركيز الأملاح فى ماء الصرف (كقيم تجريبية) تساوى تقريبا القيم المحسوبة عند تكس $EC_e$.

ويمثل نسبه الغسيل Leeching Ratio أو ما يعرف أحيانا باسم drainge fraction القيمة الحقيقية ( أى نسبة الجزء من الماء الذى يظهر فى ماء الصرف

إلى جملة الماء المضاف) بينما أ غ هى القيمة المحسوبة (نسبة الجزء من الماء الذى يظهر فى ماء الصرف) حتى يمكن تجنب الزيادة فى الأملاح المتراكمة فى منطقة الجذور عن حد معين لإنتاج محصول معين من النبات المزروع إلى جملة الماء المضاف ويمكن التعبير عنه بعمق معين أو حجم معين.

وقد أجـــرى Berntein & Francois مجـــموعة من التجارب وأثبتا أن المحصول النامى غير حساس نســبيا للتركيز المرتفع من الأملاح فى المنطقة الغسيلية من الجذور واقترحـــا خفض الاحتياجـــات الغسيلية أغ و LR للتحكم فى الأملاح والمحسوبة بالطريقة التاريخية إلى الربع أو مضاعفة قيم تكس $EC_d$ فى الحسابات إلى أربعة أمثال.

اقترح Rhoades اختيار قيم تكس $EC_d$ وترتبط بمتوسط تركيز الأملاح فى المنطقة العليا والمنطقة السفلى من الجذور فى النبات النامى وأنه يمكن حسابها من المعادلة التى استنبطها وهى :

تكس = ٥ تكم١٠ – تكس $$EC_{dw} = 5\ EC_{S\ 10\%}$$

حيث تكم١٠% = $EC_{se}$ التوصيل الكهربائى لمستخلص عجينة الأرض المشبعة التى تعطى الأرض عنده محصولا يعادل نقصا بمقدار ١٠% من المحصول الناتج بدون أملاح وهذه الطريقة تعطى فرصة لاختيار تك $EC_{dw}$ ويستخدم حساب الاحتياجات الغسيلية للتحكم فى الملحية وتعتمد فى حسابها على تركيز ماء الرى ومقاومة المحصول المزروع.

ولما كانت الطريقة التاريخية لحساب الاحتياجات الغسيلية فيها إسراف فى استخدام المياه فاستخدام طريقة Bernstein أو طريقة رودس قد يوفر فى مقدار الماء المستخدم.

وقد استعملنا (بلبع وعطا) الطرق الثلاثة السابقة فى حساب الاحتياجات الغسيلية للتحكم فى الأملاح وذلك فى أرض مزروعة ذرة واتضح عدم اختلاف الوزن الطازج للنباتات التى استقبلت ٥٠% أو ١٦,٣% أو ١٢,٥% كاحتياجات غسيلية وأن قيم التوصيل الكهربائى فى مستخلص الأرض نتيجة إلى الانخفاض مع زيادة قيم الاحتياجات الغسيلية.

وقد اقــترح Rhoades المعــادلة التالية لتقدير متوســط الحد الأقصى المسموح به للتوصيل الكهربائى لماء الرى maximum permissable عند زراعة نبات معين وباستخدام احتياجات غسيلية معينة أو بمعنى آخر الاحتياجات الغسيلية اللازمة للنباتات باستخدام تركيز معين من ماء الرى وذلك تحت ظروف متوسطة من الرى المنتظم.

$$EC_{lw} = 5 \text{ av } EC_{e\,10} \left( \frac{1-1}{LF} \right)$$

وحيث $EC_{e\,10}$ هو التوصيل الكهربائى لمستخلص الأرض عند التشبع فى منطقة الجذور والذى تعطى الأرض عنده محصولا ينقص ١٠% من المحصول الناتج تحت ظروف خالية من الأملاح وأن أفضل تقدير لقيمة LR فى هذه المعادلة يمكن حسابه وتقديرها من $EC_d$ فى معادلة رودس السابقة.

وتختار الحاصلات طبقا لدرجة تحملها لتركيز الأملاح أو للصوديوم المتبادل وكلما ارتفع تركيز الأملاح بالأرض – بماء الرى – كلما وجب اختيار نبات أكثر مقاومة للأملاح.

وقد سبقت الإشارة إلى أن معمل بحوث الأراضى الملحية الأمريكى قد قام باختيار مجموعة كبيرة من الحاصلات الحقلية والمراعى والخضر والفاكهة والأشجار وقسمها طبقا لدرجة مقاومتها للأملاح غير أننا نوجه النظر إلى جدول

ترتيب الحاصلات قابلة للاستخدام مباشرة فى الظروف الملحية التى أجريت فيها الاختـــبارات منها أما فى مناطق أخرى من العـــالم فقد تختلف أصناف هذه الحاصلات وكذا قد تختلف الظروف المناخية أو المعاملات الزراعية يستلزم إجراء اختبار مماثل تحت ظروف كل منطقة.

وقام Maas & Hoffman بالاستنتاج من قـــيم التوصيل الكهربائى التى أعطت نسبا من المحصول الأعلى الذى ينتج تحت ظروف غير ملحية خطوط بيانية تمثل العلاقة الكمية بين التوصيل الكهربائى والنسبة المئوية للمحصول الناتج. ثم من معاملات رياضية بسيطة أمكنه حساب النسبة المئوية للمحصول الناتج "Y" من معرفة التوصيل الكهربائى لمستخلص الأرض عند درجة التشبع $EC_e$ الذى يمثل حالة الأرض التى ينتظر أن ينمو فيها النبات ومن معرفة :

$EC_e$ = التوصيل الكهربائى للمستخلص الذى يمثل حالة الأرض.

b = انخفاض المحصول بكل وحدة توصيل كهربائى.

a = التوصيل الكهربائى الذى يعطى ١٠٠% من المحصول (دون أملاح).

ويبين جدول (٧) الحد الأقصى المسموح به من التوصيل الكهربائى لماء الرى تحت قيم مقابلة من الاحتياجات الغسيلية عند قيم من تكم $EC_{e10}$ ، نسبة الغسيل LF الحد الأقصى المسموح به من التوصيل الكهربائى لماء الرى للنباتات التى تحتمل تكم١٠ $EC_{e10}$ .

ومن معرفة المعادلة الآتية :

$$Y = 100 - b\,(EC_e - a)$$

ومن الواضح أنه يجب أن تكون العلاقة بين التوصيل الكهربائى والنسبة المئوية للمحصول علاقة خط مستقيم .

$EC_e$ = التوصيل الكهربائى للمستخلص الذى يمثل حالة الأرض.

b = انخفاض المحصول لكل وحدة توصيل كهربائى.

a = التوصيل الكهربائى الذى يعطى ١٠٠% من المحصول (دون أملاح).

جدول (٧): الحد الأقصى المسموح به من التوصيل الكهربائى لماء الرى تحت قيم مقابلة من الاحتياجات الغسيلية

| | ٢,٥ | ٤ | ٥ | ٨ | ١٠ |
|---|---|---|---|---|---|
| ٠,١ | ١,١٩ | ١,٨ | ٢,٢٨ | ٣,٦٠ | ٤,٥ |
| ٠,٢ | ٢,٠٧ | ٣,٤٢ | ٤,١٥ | ٦,٨٤ | ٨,٣ |
| ٠,٣ | ٢,٠٨ | ٤,٩٨ | ٥,٦٠ | ٨,٩٦ | ١١,٣ |
| ٠,٤ | ٣,٨٥ | ٦,١٦ | ٧,٧٠ | ١٢,٣٢ | ١٥,٤ |
| ٠,٥ | ٤,١٥ | ٦,٦٤ | ٨,٣٠ | ١٣,٢٨ | ١٦,٦ |
| ٠,٦ | ٤,٧٠ | ٧,٥٤ | ٩,٣٠ | ١٥,٤ | ١٨,٨ |
| ٠,٧ | ٥,١٠ | ٨,١٦ | ١٠,٢٠ | ١٦,٣٢ | ٢٠,٤ |
| ٠,٨ | ٥,٦ | ٨,٩٦ | ١١,٢٠ | ١٧,٢١ | ٢٢,٤ |
| ٠,٩ | ٥,٩٥ | ٩,٥٢ | ١١,٩٠ | ١٩,٠٤ | ٢٣,٨ |
| ١,٠ | ٦,٢٥ | ١٠,٠ | ١٢,٥٠ | ٢٠,٠٠ | ٢٥,٠ |

لتوضيح استخدام الجدول نفرض أن ماء أحد المصارف يجب استخدامه كمصدر لرى الذرة والقطن وأن ماء هذا المصرف له توصيل كهربائى ٦,٥١ ds/m.

يتضح من الجدول أن القطن يناسب $EC_{e10}$ وهو ٦,٥١ ds/m.

والذرة يستخدم $EC_{e10} = O$.

ومن هذه المنحنيات نجد أنه إذا استخدم هذا الماء فى الرقابة يلزم إضافة ١٥% للقطن و ٣٤% للذرة كاحتياجات غسيلية.

كربونات الصوديوم المتبقية = (ك أ٣ + يد ك أ٣) − (كا + مغ)

حيث يعبر عن الأيونات بالمليمكافئ/لتر.

ويرى Richard أن الماء الذى يحتوى كربونات صوديوم متبقية أكثر من ٢,٥ ملليمكافئ/لتر يعتبر غير صالح للرى.

Adj SAR : SAR $(1 + 8.4 - 9H_c)$ المعدلة SAR – adj : SAR

إذا زاد SAR المعدلة لماء الرى عن ٦ – ٩ يعتبر الماء غير صالح للرى.

$pH = pH_c$ الماء فى حالة اتزان مع كربونات الكلسيوم.

ويرى Bower أن النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP =

$$( Ph_C–ESP = 29\ AR (1 + 8.4)$$

حيث :

$$(palk + p(CaMg) + (pK_2 - pK_c) = pH_C$$

حيث: $p(C_1 + Mg)$ و $p(alk)$ هى اللوغاريتم الســـالب للتركـــيز الجـــزيئى $(Ca + Mg)$.

والتركيز المكافئ لرقم التنقيط القاعدى ($HCO_3 + CO_3$) على التوالى.

و $pK^1_2$ و $pK_c$ بعد تصحيحهما بالنسبة للقوة الأيونية لماء الرى.

ويقترح Bower أضرار الصوديوم فى ماء الرى إلى SAR الماء الراشح من منطقة الجذور.

وتركيز الماء الأرضى وتركيبه فى منطقة الجذور فى حالة اتزان ويكون SAR للماء المنصرف.

$$SAR_{dw} = \sqrt{1/Lp(SAR_{1W}}$$

حيث: LF هى نسبة الغسيل

واقترح Ayers حدود نسبة الصوديوم والكلورايد والبورون التى تمتص بالجذور وبواسطة امتصاصها من الأوراق.

وتحتوى جميع مياه الرى على بعض الأملاح والتأثير العام لماء الرى على الأرض والنبات وتتفق الآراء على أن الماء المحتوى على أكثر من ٢,٥ ملليمكافئ غير ملائم للرى ، ولو أن ريتشاردز أعطى للكاتيونات المكونة للأملاح

ممثلة بقيمة SAR دليل على أضرار الماء عند استخدامه فى الرى مع فرض أن الماء يستخدم تحت ظروف متوسطة بالنسبة لقوام الأرض ودرجة النفاذية ومقدار الماء المستخدم والمناخ السائد واحتمال المحصول.

أقترح باور وماسلاند معادلة تجريبية لتقدير ESP النسبة المئوية للصوديوم المتبادل وتحتوى معادلتهم على $pH_c$ .

$$ESP = 2\ SAR\ (1 + 8.4 - pH_c)$$

ويرى Ayers المعادلة الآتية المعتمدة على SAR (adj)

$$pH_c\text{–}adj\ SAR = SAR\ (1 + (84)$$

ويتوقع Ayers أن الرى بماء يحتوى adj SAR ٦ – ٩ يؤدى إلى مشاكل فى الأرض خصوصا إذا كان الماء محتويا على مقدار ضئيل من الأملاح.

ويشك فى الاعتماد على نظام لتقويم جودة الماء ، وباتجاه المحلول الأرضى نحو التركيز فإن الأملاح التى تتجه نحو الرسوب أولا هى الأملاح القاعدية – الكاربونات مثل $CaCO_3$ والكالسايت والارجونايت وكربونات المغنسيوم والدولومايت (Mg،Ca) ك أ٣ والكمية التى ترسب من الكربونات والصورة الراسبة من الماء تتوقف على كيمياء النظام الأرضى والاعتماد على نظام حاصل الإذابة لتقدير ترسيب الأملاح من المحلول الأرضى لا يوصل إلى نتائج صحيحة.

ورغم الأسس النظرية فإن Bower وزملاؤه عدلوا طريقتهم بإضافة تركيز المغنسيوم الموجود بالماء إلى تركيز الكلسيوم واعتبروا الناتج منه قيمة تجريبية هى $pH_c$.

ويوضح Bower وزملاؤه أن الماء المحتوى على $pH_c$ أقل من ٧,٥ يرسب الجير الكربونات بينما المحتوية به على $pH_c$ أعلى من ٨,٥ يذيب الجير.

أوضحت دراســات Bower أن استخـدام الماء الذى يحتوى على قيم مختلفة من $pH_c$ على أراضى غسلت بنظم مختلفة أدت إلى ترسيب مقادير مختلفة من كربونات الكلسيوم.

وينخفض إنتاج الحاصلات عند تجمع الأملاح الذائبة فى الأرض وهو أحد المشاكل الهامة لماء الرى والمرتبطة بالرى من ماء الصرف.

وتعتمد الاحتياجات الغسيلية على نوع ومقدار الأملاح فى ماء الرى ونوع المحصول ومقدار المتوقع من الإنتاج.

اقترح Rhodes احتياجات غسيلية لمنع تجمع الصوديوم المتبادل ورغم وجود عدة طرق لحساب الاحتياجات الغسيلية فإنها جميعها تعتمد على ما يلى :

$$LR = \frac{\text{تركيز الأملاح فى ماء الرى}}{\text{تركيز الأملاح فى ماء الصرف}} \quad (1)$$

ويمثل هذه النسبة مقدار ماء الرى الإضافى الذى يجب أن يضاف مع كل رية فإذا كان LO فمقدار ١٠% من الماء إضافة لمقدار ماء الرى وهى الصورة الناتجة من ميزان الأملاح عند الرى.

$$V_{1w} E_{1w} \longleftarrow S_m - V_{dw} C_{dw} - S_p - S_c = O \quad (2)$$

حيث $V_{w1}$ حجم ماء الرى و $d_w$ حجم ماء الصرف ولكل منهما توصيل كهرباء $C_{dw}$ و $C_{w1}$ و $S_m$ هى مقدار الأملاح التى أذيبت من الأرض و $S_p$ مقدار الأملاح التى تترسب فى الأرض و $S_C$ مقدار الأملاح التى يمتصها النبات.

وإذا أهملنا $S_m$ و $S_p$ تتحول المعادلة إلى :

$$\frac{EC_{1w}}{ECd_{1w}} = \frac{D_{dw}}{D_{iw}}$$

وهذه المعادلة توضح أن المتساوية تحت نفس الظروف :

$$LF = \frac{EC_{1w}}{E_{dw}} = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} \quad (3)$$

لها قيمة عليا مسموح بهامثل $EC_{so}$ فى المقام وتصبح المعادلة $D_{iw}/D_{wb}$ هى مقدار الماء الإضافى الواجب إضافته ولمنع زيادة $EC_{dw}$ عن المستوى المناسب يلاحظ أن LF تمثل قيمة فعلية ( جزء الماء الذى صرف فعلا بينما LR هى قيمة تقديرية للماء الذى يجب أن يصرف والعلاقة العكسية بين عمق الماء EC ) وفى الحقيقة هى بين الحكم والتركيز لماء الرى وماء الصرف هى أساس استخدام $LR_{EC}$ معادلة رقم ١ وهى بالنسبة لعمق الماء أو حجمه.

اقترح رودس طريقة أخرى لاختبار قيمة $EC_{dw}$ يمكن استنتاجها من ملاحظة متوسط $EC_e$ فى منطقة الجذور يرتبط مع قيم $EC_e$ الموجودة فى أعلى وأسفل القطاع.

وبمعنى آخر الاحتياجات الغسيلية اللازمة لنبات باستخدام مركز معين من ماء الرى تحت ظروف متوسطة من الرى المنتظم :

$$W_e\, EC_{se} = K\,(ECT + EC_b) \quad (4)$$

حيث K تكون ٠,٨ فى حالة نسب غسيلية LF منخفضة و ECT و $EC_b$ هى قيم التوصيل الكهربائي المساوية لحاصل ضرب $EC_{1w} \times Q_{F2}/Q_{se}$ على التوالى حيث $Q_{pc}$ و $Q_{se}$ هى محتوى الأرض من الماء عند السعة الحقلية والسعة التشبعية على التوالى.

وبالتعويض فى معادلة (٤) عن قيمة $Q_{F2}/Q_{se}$ تساوى تقريبا ٢ وفرض أن الحاصلات تستجيب لملحية منطقة الجذور تنتج المعادلة الآتية لحساب قيم أفضل $EC_{dw}$.

حيث $E/C_{se}$ متوسط التوصيل الكهربائى لمحصول له درجة احتمال مع انخفاض مقبول فى إنتاجه (أقل من ١٠%) وتؤدى هذه الطريقة إلى أن اختيار E/C لمقام المعادلة المستخدمة فى حساب $LR_{EC}$ أقل خطأ من الطريقة التاريخية وإضافة أخرى تجعل طريقة الاختبار بيم الطرق معتمدا عل تركيز ماء الرى.

والاختلاف بين الطرق السابقة لحساب $LR_{EC}$ تحتوى قيما إذ كان من الممكن أو غير ممكن أن المحصول يستجيب لملحية المنطقة أعلى الجذور فقط يتم المتوسط أعلى الجذور وتحت الجذور، والرى بقــدر أى هاتين القيمتين هى التى تحدث.

وفى حـــالة الأراضى ذات التركيزات العـــالية الأمـــلاح والتى تقع فى المناطق الأعمق من منطقة الجذور يمكن عموما تجنبها بواسطة النبات إذا أضيف فيه نسبة كافية من ماء الرى إلى أعلى القطاع تكفى عملية البخر – نتح للنبات (مثل الرى بالتنقيط).

والثانى فإن عملية الرى من المتوقع أن تؤثر على المستوى المسموح به من التركيز فى المحلول الأرضى وبالتالى طرد الأملاح والاحتياجات الغسيلية.

### حساب الإحتياجات الغسيلية (أغ) Leaching Requirements

**مثال (١) :**

معروف أن : $EC_w$ = ١,٢ ds/m

$EC_e$ = ٢,٠ توصيل الأرض (١)

$EC_e$ = ١,٧ توصيل الأرض (٢)

فيمكن حساب الاحتياجات الغسيلية باستخدام :

أ غ - $\frac{ECw}{ECw-(ECe)5} = \frac{1.2}{1.2-(2.5)5}$

= ٠,١ (للحصول على ٥٠% من المحصول)

أ غ - $\frac{1.2}{5(1.7)-1.2} = 0.16$ للحصول على ١٠٠% من الإنتاج.

ومقدار الماء الغسيلى الواجب إضافته AW يمكن حسابه من المعادلة:

$$appliedwater AW = \frac{ET}{1-LR}$$

$\frac{800}{0.1-1} = 890$ مم/موسم.

وحيث يحتاج المحصول إلى ١٢٣٠مم حتى ينتج الذرة التى تحتاج إلى ١٠٠مم ليفى بحاجة ET والاحتياجات الغسيلية.

يصبح التساؤل هل الفقد فى حالة زيادة ET ٨٩٠ مم هى رشح عميق وهل هذا الفقد يكفى الاحتياجات الغسيلية.

وفقد الماء المتاح عن الرشح العميق يكون عادة أكبر كثيرا من الاحتياجات الغسيلية ٠,١٥ التى يفترض للذرة على أنها كافية.

فإذا كان فى هذا المثال الفقد للرشح العميق فلا يضاف ماء كاحتياجات غسيلية للتحكم فى الملحية لأن الاحتياجات الغسيلية ٠,١٠ - ٠,١ - ٠,١٦ المحسوبة عالية تكون كافية.

**مثال (٢) لحساب الاحتياجات الغسيلية :**

لتقدير الاحتياجات الغسيلية يجب أن يعرف كلا من ملحية ماء الرى $EC_w$ ومقاومة المحصول المزروع لملحية الأرض $EC_e$ وملحية الماء يمكن معرفتها من التقدير المعملى بينما $EC_e$ يمكن تقديرها من مقاومة المحصول من جداول وهذه الجداول تعطى قيما مقبولة لكل محصول $EC_e$ لتعطى نسبة معينة من انخفاض المحصول.

والاحتياجات الغسيلية الضرورية يمكن تقديرها من الرسم البيانى ولتقدير أكثر دقة لمحصول معين يمكن استخدام معادلة (رودس وميريل).

$$LR = \frac{EC_w}{EC_w - (EC_e)\,O}$$

حيث :

LR : أقل قيمة للاحتياجات الغسيلية لازمة للتحكم فى الأملاح فى مدى مقاومة المحصول مع استخدام الرى المعتاد.

$EC_w$ : ملحية الماء المستخدم فى الرى.

$EC_e$ : متوسط ملحية الأرض التى يمكن للمحصول مقاومتها والتى تقدر فى مستخلص الأرض عند التشبع.

فتحصل على $EC_e$ للمحصول المزروع والمحصول المناسب الذى يتوقع عنده قيمة $EC_e$ التى يتوقع أن ينتج نحو ٩٠% على الأقل أو أكثر من المحصول المستخدم فى الحساب.

وفى حالة ماء متوسط إلى عالى الملحية ($EC_{sw}$ ١,٥) قد يكون الأفضل استخدام قيمة $EC_e$ للمحصول الأعلى لأن التحكم فى الملحية حساسة بالنسبة للحصول على محاصيل عالية.

ومجموع عمق الماء الذى يجب إضافته لنحصل على احتياجات المحصول واحتياجات الغسيل يمكن تقديرها من :

$$A_w = \frac{ET}{1 - LF}$$

حيث :

$A_w$ : عمق ماء البئر المضاف (مم/سنة).

ET : مجموع احتياجات المحصول السنوية للماء (مم/سنة).

LR : الاحتياجات الغسيلية كنسبة (النسبة الغسيلية).

وفى بعض المراجع يستخدم LR و LF دون تمييز وكلاهما يشير إلى هذا الجزء من ماء الرى الذى يجب أن يرشح خلال منطقة الجذور للتحكم فى الملحية عند مستوى معين.

وخلط المـــاء للتحكم فى التملح إجـــراء غير شـــائع ، وأغلب الزراع يستخدمون أحد الخيارين، وقد يكون اختيار أحدهما أفضل خصوصا فى المناطق الممطرة أو حيث يكون الرى شتاء لإستيفاء أغلب أو كل الاحتياجات الغسيلية.

ولما كان جملة المحتوى الملحي يستمر كما هو فقد يكون من الأفضل استخدام الماء الأفضل فى أول موسم النمو والماء الأقل جودة المخلوط بعد ذلك عندما يكون المحصول أقل حساسية للملحية.

وكمثال لأثر الخلط: إذا زرع فلاح الذرة مع ريه بماء بئر $EC_w$ = ٠,٢٣ (ds/m) ويمكنه الحصول على LF = ٠,١٥ باستخدام رى كفء.

فماء البئر تكون ملحيته على حدود إنتاج الذرة ($EC_w$ = ٣,٦ ds/m).

هل يمكن خلط ماء هذين المصدرين بحيث يكون المخلوط مأمونا وتزداد المساحة المروية مع العلم أن ملحية ماء القناة $EC_w$ = ٠,٢٣.

ملحية ماء البئر      ٣,٦ ds/m

احتياجات الذرة المائية  ٨٠٠ مم/سنة.

نسبة الغسيل LF      ٠,١٥ ds/m.

وزيادة ماء الاحتياجات الغسيلية بخلط الماء غير أن احتياجات الغسيل أقل من ٠,٥ ليس فى كثير من الحالات ممكنا.

والاحتياجات الغسيلية لماء البئر وحدها إذا أضيف ليحقق ET تزيد مقدار الماء اللازم للإنتاج.

وعلى سبيل المثال باستخدام ماء القناة ونسبة غسيل LF ٠,١٥ فإن الماء المطلوب استخدامه يمكن الحصول عليه من المعادلة :

$$A_w = \frac{ET}{1 - LF}$$

$$\frac{٨٠٠}{١ - ٠,١٥} = ٩٤١ \text{ مم/سنة}$$

وبالنسبة لماء البئر يكون :

$$\frac{٨٠٠}{١ - ٠,٤} = ١٣٣٣ \text{ مم/سنة}$$

فاستخدام ماء البئر وحده يؤدى إلى زيادة ٤٠% فى مقدار الماء لكل هكتار ليعطى نفس محصول الذرة المتاح من استخدام ماء القناة.

ومن جدول (٨) نجد أن EC الماء المخلوط الذى يعطى ٩٠% محصول مع احتياجات غسيلية ٠,١٥ هى ١,٧ ويمكن حساب نسبة الغسيل الأفضل من :

EC لماء القناة = a + EC لماء البئر b ملحية EC الماء المخلوط

حيث a نسبة القناة و b نسبة ماء البئر ، EC الماء المخلوط وإذا كان :

B - 1 = a فإن المعادلة السابقة تكون :

١,٧ = (b) ٣,٦ + (b - 1) ٠,٢٣

∴ ٣,٣٧ - b = ١,٤٧ ∴ b = ٠,٤٤.

b = ٠,٤٤% من ماء البئر.

ويكون a = ١ –b ٥٦% من ماء القناة.

ويوضح ذلك أن المساحة التى تروى بماء القناة عند $A_w$ ٩٤١ مم/سنة يمكن زيادتها بما لا يزيد عن هـ/$A_w$ إذا خلطت مياه القناة بنسبة حتى ٤٤% بماء البئر، والمحصول المتوقع يكون نحو ٩٠% ، وتزيد المساحة المزروعة بنسبة ٤٤%.

جدول (٨): الماء الناتج من خلط ماء القناة مع ماء البئر

| نسبة الخلط ماء البئر/ماء الدلتا | SAP | ECw ds/m | ماء القناة % |
|---|---|---|---|
| ١ : ٤ | ١٧,٨ | ٣,٦ | صفر |
| ١ : ٣ | ١٥,٤ | ٢,٩ | ٢٠ |
| ١ : ٣ | ١٤,٨ | ٢,٨ | ٢٥ |
| ١ : ١ | ١٣,٦ | ٢,٥ | ٣٣ |
| ١ : ٢ | ١١,٢ | ١,٤ | ٥٠ |
| ١ : ٣ | ٨٨ | ١,١ | ٦٦ |
| ١ : ٤ | ٦,٨ | ١,١ | ٧٥ |
| ١ : ٤ | ٥,٧ | ٠,٩ | ٨٠ |
| ١ : ٩ | ٣,٣ | ٠,٦ | ٩٠ |
| – | ٢,٠ | ٠,٤ | ٩٥ |
| – | ٠,٥ | ٠,٢٣ | ١٠٠ |

**مثال (٣) لحساب الاحتياجات الغسيلية :**

رى محصول الذرة بطريقة الخطوط ، وزرع المحصول فى أرض طميية والرى بماء النهر التى بها :

$EC_w$ = ١,٢ ds/w.

والبخر نتح خلال الموسم ET = ٨٠٠ مم/موسم.

وكفاءة عملية الرى كانت ٠,٦٥ وبالتالى فإن مقدار الماء الواجب إضافته ليقابل احتياجات المحصول هى ٨٠٠ مم/٠,٦٥ = ١٢٣٠ مم/موسم.

ما هو مقدار الماء الواجب إضافته للاحتياجات الغسيلية ومعروف أن: ١,٢ = $EC_w$ ، ٢,٥ = $EC_e$ ومن جدول المحاصيل نجد أن الذرة يعطى محصولا ١٠٠% $EC_e$ = ١,٧.

يمكن حساب الاحتياجات الغسيلية باستخدام المعادلة الآتية مع التعويض عن قيمة $EC_e$ للمحصول المطلوب :

$$LR = \frac{EC_w}{EC_w - (EC_e)\,O}$$

$$\frac{١,٥}{١,٢ - (٢,٥)\,O} = ٠,١$$

ولإنتاج ١٠% المحصول :

$$LR = \frac{١,٢}{١,٢ - (١,٧)\,O} = ٠,١٦\ (\text{المحصول } ١٠\%)$$

يبدو تساؤل هل الفقد فى زيادة ET هى ماء راشح تحت منطقة الجذور وهل هذا الفقد كثيرا ما يكون أكثر من نسبة الغسيل والواقع أن فقد الماء الراجع للرشح العميق كثيرا ما يكون أكثر من الاحتياجات الغسيلية.

**ملحـــية المـــاء :**

تحتوى مياه الرى مخلوطا من الأملاح الموجودة طبيعيا والأرض التى تروى بهذا الماء سوف تحتوى خليطا من الأملاح فى الماء ولو أنها قد تكون بتركيزات أعلى فى الماء والمدى الذى يمكن للأملاح أن تتجمع فى الأرض أعلى مما فى الماء يتوقف على جودة الماء وخدمة الرى وكفاءة الصرف فإذا ازدادت الأملاح ينتج عنها انخفاض الإنتاج ، ولنتجنب نقص المحصول يجب التحكم فى الأملاح بالأرض بحيث يكون أقل مما يخفض الإنتاج.

وأغلب المياه المستخدمة فى الرى ذات جودة مناسبة أو عالية ولا يتوقع منها خفض المحصول لتواجد أملاح بها.

والتحكم فى الأملاح بالماء يصبح أمرا أكثر صعوبة كلما ساءت خواص الماء وبزيادة أملاح الماء يجب بذل جهد أكبر لطرد الأملاح من الأرض حتى عمق الجذور قبل أن تتجمع الأملاح وتصل إلى المستوى الذى يضر المحصول.

وتوجد عدة خطوات يجب اتخاذها لزراعة حاصلات مقاومة للأملاح، ويتوقف الغسيل على درجة جودة الماء وعلى احتمال المحصول للأملاح.

**مقاومة الحاصلات للتمليح :**

لا تتأثر جميع الحاصلات بالملحية بنفس الدرجة ، فبعض الحاصلات تستطيع أن تنتج إنتاجا مقبولا فلا وجود ملحية أعلى كثيرا من أخرى وبعضها قادر على استخلاص ماء أكثر من الأخرى من الأرض الملحية. وهذه القدرة للمحصول ليهيئ نفسه للملحية ذات فائدة كبيرة. وفى بعض الأراضى حيث تتجمع

ملحية الأرض لا يمكن السيطرة عليها عند تركيز مناسب للمحصول النامى يمكن استبداله بمحصول آخر يمكن اختياره ويكون أكثر احتمالا لملحية الأرض المتوقعة ويمكنه أن ينتج محصولا اقتصاديا.

واحتمال الحاصلات للأملاح يختلف فى مدى واسع يصل إلى ٨ – ١٠ مرات وهذا المدى الواسع فى الاحتمال يسمح باستخدام أكبر كثيرا لماء الرى متوسط الملحية والذى كان الكثيرون يعتقدون سابقا بأنه غير قابل للاستخدام كما أن ذلك أيضا يوسع المدى المقبول لملحية الماء الذى كانت معتبرا مناسبا للرى.

والاحتمال النسبى للأملاح لأغلب الحاصلات الزراعية معروف أنه يعطى خطوات احتمال الأملاح.

واحتمال الكثير من حاصلات الحقل المعروفة والخضر والمراعى والأشجار موضح فى الجدول (٩) .

واقترح Maas & Hoffman المعادلة الآتية للتعبير عن الخط المستقيم الذى يوضح تأثير الملحية على الإنتاج :

$$Y = 100 - b\,(EC_e - a)$$

حيث Y : هى المحصول النسبى (نسبة مئوية)

$EC_e$ : ملحية مستخلص الأرض عند درجة التشبع معبرا عنها بـ ds/m.

a : قيمة الملحية الحرجة.

b : الفقد فى المحصول لكل وحدة زيادة فى الملحية.

وقيم "a" و "b" اقترحها ماس Maas فى بحثه الأصلى كما يمكن أيضا تقديرها من جدول (٩) فقيمة "a" (وهو القيمة الحرجة لملحية الأرض هى قيمة $EC_e$ لكل ١٠٠% من المحصول وقيمة "b" يمكن تقديرها أيضا .

وقيم EC فى جدول (٩) التى لا تتوافق مع محصول ١٠٠% حسبت من معادلة المحصول التى اقترحها ماس وهوفمان (١٩٧٧) بإعادة ترتيب المعادلة .

**جدول (٩): درجة المحصول المحتمل لبعض الحاصلات والتى تتأثر بالرى بماء ذى ملحية $EC_e$ أو ملحية الأرض $EC_e$**

| المحصول | احتمـــال المقـــاومة | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ١٠٠% أو نهاية عظمى | | ٥٠ % | | ٧٥ % | | ٩٠ % | | ١٠٠ % | |
| | $EC_w$ | $EC_e$ | $EC_w$ | $EC_e$ | $EC_w$ | $EC_e$ | $EC_w$ | $EC_e$ | $EC_w$ | $EC_e$ |
| الشعير | ٢٨ | ١٩ | ١٢ | ١٨ | ٨,٧ | ١٣ | ٦,٧ | ١٠ | ٥,٣ | ٨ |
| القطن | ٢٧ | ١٨ | ١٢ | ١٧ | ٨,٤ | ١٣ | ٦,٤ | ٩,٦ | ٥,١ | ٧,٧ |
| بنجر السكر | ٢٤ | ١٦ | ١٠ | ١٥ | ٧,٥ | ١١ | ٥,٨ | ٨,٧ | ٤٧ | ٧ |
| القمح | ٢٤ | ١٦ | ١٠ | ١٥ | ٦,٩ | ١٠ | ٤,٩ | ٧,٤ | ٤,٠ | ٦ |
| فول الصويا | ٢٠ | ١٣ | ٨,٧ | ١٣ | ٦,٣ | ١٠ | ٥ | ٧,٦ | ٣,٨ | ٥,٧ |
| Caw pea | – | – | ٦ | ٩,١ | ٤,٧ | ٧,٠ | ٣,٨ | ٥,٧ | ٣,٣ | ٤,٩ |
| الفول السودانى | ٦,٦ | ٤,٤ | ٣,٣ | ٤,٩ | ٢,٧ | ٤,١ | ٢,٤ | ٣,٥ | ٢,٤ | ٣,٥ |
| قصب السكر | ١٩ | ١٢ | ٦,٨ | ١٠ | ٤ | ٥,٩ | ٢,٣ | ٣,٤ | ١,١ | ١,٧ |
| الكتان | ١٠ | ٦,٧ | ٣,٩ | ٥,٩ | ٩,٥ | ٣,٨ | ١,٧ | ٢,٩ | ١,١ | ١,٧ |
| الأرز | ١١ | ٧,٦ | ٤,٨ | ٧,٢ | ٣,٤ | ٥,١ | ٢,٦ | ٣,٨ | ٢,٠ | ٣,٢ |
| الذرة | ١٠ | ٦,٧ | ٣,٩ | ٥,٩ | ٢,٥ | ٣,٨ | ١,٧ | ٢,٥ | ١,١ | ١,٠ |
| الفول | ٦ | ٤,٢ | ٢,٤ | ٣,٦ | ١,٥ | ٢,٣ | ١,٠ | ١,٥ | ٠,٧ | |

المصدر: Water Quality For Agric. Rev. Agris. & Dramag 29 FAO

مستخلص من : Maas & Hoffman

وتستخدم هذه الأرقام كخطوات إرشادية لاحتمال الحاصلات بالنسبة لبعضها ، والاحتمال يختلف حسب المناخ وحالة الأرض والعمليات الزراعية.

وقيم $EC_e$ متوسط الملحية فى منطقة الجذور مقدرة بالديسزمن/متر مستخلص الأرض عند درجة التشبع ، و $EC_W$ هى التوصيل الكهربائى لماء الرى بالديسزمن/م عند درجة ٢٥.

وعموما $EC_e$ = ١,٥ − $EC_w$ باعتبار ١٥−٢٠% احتياجات غسيلية وأن استخدام الماء يتدرج من ٤٠ − ٢٠ − ١٠% من الربع العلوى إلى الأسفل بالنسبة لمنطقة الجذور النهاية العظمى أو صورة احتمال بدل على ملحية الأرض نظريا $EC_e$ التى يتوقف عندها نمو المحصول.

**الحصول على أرقام احتمال النباتات للملحية :**

القيم الرقمية لاحتمال النباتات للملحية الموضحة فى الجدول (٩) أخذت مع تعديلها من القيم التى نشرها Maas & Hofman 1984 وتوضح هذه القيم أن معدل نمو النبات ينخفض فى خط مستقيم بارتفاع الملحية أعلى من قيمة حرجة للملحية التى عندها يبدأ النمو فى الانخفاض.

وهذا النقص المستقيم فى المحصول يتوافق جيدا مع القيم الحقلية خلال مدى الملحية والاختلاف عن الانخفاض المستقيم تحدث فى المحصول الأقل من ٥٠% من المحصول العالى وهذا المستوى الذى لا يعتبر محصول تجارب :

$$EC_e = \frac{100 - ab}{b}$$

حيث $EC_e$ هى ملحية الأرض التى تتوافق مع نسبة مئوية معينة "Y" وفى جدول (٩) وضحت قيم للمحصول المحتمل ١٠٠% و ٩٠ و ٧٥% و ٥٠% وصفر% ويوضح جدول (٩) أيضا قائمة ملحية الماء المستخدم "$EC_e$" المكافأة لملحية الأرض $EC_e$ مستنتجة من المعادلة السابقة عامل التركيز هذا من ملحية الماء $EC_w$ إلى ملحية الأرض ١,٥ − ٥٠% LF وقد استخدم فى تكوين الخطة الإرشادية ومعاملات التركيز لنسب غسيل أخرى .

ويوضح جدول (٩) المقاومة مع نسب غسيل أخرى وحدود المقاومة لملحية الماء ونفترض أن ملحية الأرض ($EC_e$) تنتج من تجمع الأملاح من

مصدرها ماء الرى وإذا أوجد مصدر للأملاح غير ماء الرى مثل ارتفاع الماء الأرضى فإن العلاقة بين تركيز ماء الرى $EC_w$ أو ملحية الأرض $EC_e$ لا يكون غير أن قيم $EC_e$ فى جدول (٩) لا زالت صحيحة وتوضح أكثر أن ملحية الأرض ($EC_e$) المتوقع أن تتواجد فى مدى عدة سنوات باستخدام هذا الماء يفترض أن الماء هو السبب الرئيسي فإذا كان مستوى الماء الأرضى مرتفعا فهو إضافى للأملاح ولا يوجد من العلاقة: $EC_w$ = ١,٥ −$EC_e$.

**جدول (١٠): خطوات إرشادية للاستنتاج من قيم التحليل المعملى**

| المشكلة المحتملة | درجة النتائج للاستخدام المعملى | | | الوحدات ds/m |
|---|---|---|---|---|
| الملحية $EC_w$ بسرعة رى النباتات | ٢,٧ < | ١ – ٢,٧ | ١ > | |
| Na | – | | ٢٠ > | me/l |
| كلورين Cl | ١٥ < | | ٤ > | me/l |
| نيتروجين | ٧,٥ > | ١,٥– ٧,٥ | ١,٥ > | me/l |
| النيترات | ٣٠ > | ٥ – ٣٠ | ٥ > | me/l |

**الأثر النوعى للكاتيونات :**

من دراسات بريزيل Bresele اتضح أن العناصر الثقيلة مثل كلوريد النحاس وكلوريد الزئبق شديدة الضرر بالنبات بينما أملاح الكلسيوم فى التركيزات العادية قليلة الضرر.

وقد أوضحت دراسات Gauch & Wadligh أن الضرر الذى أصاب نباتات الفاصوليا النامية فى زرعات مائية أضيف إليها مقادير من كلوريد المغنسيوم أو الكلسيوم أو الصوديوم ذات ضغوط أسموزية متساوية كان متقاربا فى حالتى كلوريد الكلسيوم وكلوريد الصوديوم ولكن الضرر كان أشد منها فى حالة كلوريد المغنيسيوم.

ويرى Hayward, Wadligh & Bresele أن تأثير مخلوط من الأملاح مختلف كل الاختلاف عن تأثير كل ملح من الأملاح من هذا المخلوط منفردا. فمثلا يعتبر بريزيل أن أملاح المغنيسيوم شديدة الضرر ولكن عند وجود مخلوط من المغنيسيوم والكلسيوم تفقد أملاح المغنيسيوم ضررها الشديد.

وكما يختلف الأثر الضـــار للكاتيونات كذلك تختـلف الأنيونات وتأثيرها المباشر على نمـو النبات. ومن أشـد الأنيونات ضررا بالنباتات الكربونات والبيكربونات ومن دراسات الكاتب (Balba) اتضح أنه عند استعمال مياه متساوية التركيز في رى نباتات البصل كانت المياه المحتوية على كربونات ذائبة (٣ ملليمكافئ/لتر) أشد ضررا من المياه الخالية منها على بيئة النمو حيث تقوم بترسيب الكلسيوم وزيادة الصوديوم المتبادل فالكربونات تأثير مباشر إذ أن لها أثرا فسيولوجيا مباشرا على النباتات.

وتعتبر البورات أملاح حامض البوريك من أشد الأملاح ضررا بالنباتات وتسبب التركيزات المنخفضة منها ضررا شديد لأغلب النباتات.

وأعتبر بعض الباحثين أن الكبريتات أقل من الكلوريد وهذه أخف ضررا من الكربونات الذائبة ومن رأى سابولس Sabolcs أن الضرر النسبى لهذه الأيونات كما يلي :

ص٢ كب أ٤ : $Na_2SO_4$ : ص يد ك أ٣ : $NaHCO_3$ : ص كل NaCl

١ : ٣ : ٣ : ١٠

## الماء منخفض الملحية :

يتواجد هذا الماء فى المصارف الزراعية وقد شاع استخدامه فى الرى فى السنوات الأخيرة لعدم كفاية ماء النيل، كما أن بعض مصادر الماء الجوفى تحتوى تركـيزات منخفضة من الأملاح يمكن معها استخدامه فى الرى إما بحالته أو بعد خلطه بماء عذب من مصدر آخر.

والأضــرار الــتى تنــتج عــن استعمال ماء ملحى تحل بالنبات النامى وبالأرض نفسها وتتوقف شدة هذه الأضرار على خواص الأرض التى تروى بهذا الماء وكذا بمناخ المنطقة.

عــند استخدام ماء ملحى محدود الجودة يوجد به تركيزات عالية يجب أن تؤخذ فى الاعتبار ما يأتى:

١- تركــيز الأمــلاح بالماء وتركيبه الكيميائى وعلاقة ذلك بالنبات إذ يجب أن نعرف الحدود التى يتحملها النبات الذى يروى بهذا الماء.

فالمــاء يمكــن استخدامه فى رى نبات ما إذا كان تركيز الأملاح به أقل من حد احتمال هذا النبات لهذا الملح.

٢- يجــب أن نعــرف آثار استخدام هذا الماء على الأرض من نواحى الخواص الفيزيائية والكيماوية.

٣- للناحــية الاقتصادية دور هام فى استخدام الماء، فقد يكون مصدر الماء غير ملائــم لــرى محصــول ولكنه صالح لرى محصول آخر أكثر احتمالا من الأول.

وعموما فاستخدام ماء ملحى فى الرى يقتضى مراعاة الآتى :

أ- اختيار نباتات تتحمل التركيزات الملحية وتجنب النباتات الحساسة.

ب- يجــب أن نحسب الاحتياجات الغسيلية وهى مقدار إضافى من الماء يضاف إلى المقنن المائى يتضمن طرد الأملاح من الأرض.

ج- يفضل استخدام هذا الماء فى رى الأرض خشنة القوام.

د- فى حالة ارتفاع نسبة الصوديوم بالماء أو وجود كربونات أو بيكربونات متبقية residual ينصــح باستخدام الجبس وذلك إما بإضافته لأرض أو بخلطه مع ماء الرى.

هـ- إذا استخدم الماء فى غسيل أرض ملحية فيجب ألا تكون نسب ادمصاص الصوديوم أو ك أ٣ أو يد ك أ٣ المتبقية عالية.

و- قد ينصح بخلط الماء الملحى مع ماء عذب حتى ينخفض تركيز الأملاح فى المخلوط.

فتركيز معين من الكربونات الذائبة تسبب ضررا يعادل ثلاث مرات الضرر الذى ينتج عن نفس التركيز من ص ص كل أو عشر مرات الضرر الذى ينتج عن الكبريتات وفى الدراسة التى قمنا بها (Balba & Soliman) مستخدمين نباتات حشيشة السودان فى بيئة من الرمل النقى أوضحنا أن تأثير الأملاح ص كل NaCl و ص٢ كب أ٤ $Na_2SO_4$ كا كل $CaCl_2$ يعادل ١ : ١,٥٩ : ٢,٨٦ من ناحية خفض وزن النباتات نتيجة وجود كل ملح منها على حدة ونلاحظ أن التأثير الضار للكبريتات أعلى من تأثير الكلوريدات.

## آلية التمليح استخدام ماء ملحى

أوضحت الدراسات التى قمنا بها Balba (١٩٦٤) النقاط الآتية :

أ- عند إضافة ماء ملحي للأرض تحتفظ الأرض بجزء من الماء يعادل السعة الحقلية للأرض وبالتالى تحتفظ الأرض بمقدار من الأملاح يعادل مقدار الماء الذى احتفظت به الأرض مضروبا فى تركيز الأملاح فى هذا الماء.

ب- الماء الزائد عن السعة الحقلية للأرض يأخذ طريقه إلى المصرف وفى طريقه من سطح الأرض إلى باطنها حتى يصل إلى المصرف يقوم بعملية حلول محل المحلول الأرضى أى تفقد الأرض من أملاحها الأصلية جزءا يطرده ماء الرى الزائد.

ومن هاتين النقطتين اتضح الآتى :

١- يزداد مقدار الأملاح الذى تحتفظ به الأرض الطينية فى قطاعها عن المقدار الذى تحتفظ به الأرض الرملية نتيجة الفرق بين السعة الحقلية العالية للأرض الطينية والمنخفضة للأرض الرملية ، وهو ما أوضحناه فى آلية التمليح.

٢- لا يختلف مقدار الأملاح الذى يحتفظ به الأرض بزيادة مقدار الماء المضاف لأن مقدار الأملاح الذى تحتفظ به الأرض يتوقف على مقدار الماء الذى تحتفظ به عند السعة الحقلية لهذه الأرض وما زاد عن ذلك يتخلص منه فى المصرف بصرف النظر عن حجمه.

٣- فى أعمدة من أرض واحدة مختلفة فى تركيز الأملاح وإضافة ماء رى يزداد الملح الذى يفقده العمود الأرضى مع الماء الزائد بزيادة تركيز الأملاح فى الأرض.

٤- عندما يكون الماء المضاف فى الرية الواحدة كافيا للوصول بالأرض إلى حالة اتزان فإن عدد الريات بالماء الملحى لا يؤدى إلى تزايد مقدار الأملاح الذى تحتفظ به الأرض عند السعة الحقلية وهو مقدار ثابت فى كل رية.

ويحل الماء المضاف محل المحلول الأرضى ويكون مقدار الأملاح الذى يفقد مساويا مقدار الأملاح الذى يضاف مع كل رية ، وقد سبق أن أوضحنا ذلك فى آلية التمليح.

٥- فى حالة واحدة يقل الملح الذى يفقده عمود الأرض بازدياد تركيز المحلول المستعمل.

٦- فقد الأرض الطينية من أملاحها أقل مما تفقده الأرض الرملية أو الطميية ذات التركيز المتساوى من الأملاح عند الرى بمقدار متساوى من الماء.

٧- الأراضى الخالية من الأملاح (ذات تركيز منخفض من الأملاح) احتفظت بمقدار من الملح يزيد عن المقدار الذى احتفظت به فى ماء السعة الحقلية ولم يتضح كيفية الاحتفاظ بهذا الملح.

ويمكن أن نستنتج من ذلك أن الأرض ذات مستوى الماء الجوفى الأرضى البعيد الخـــالية من النباتات وذات الصرف الجيد لا يتجمع فيها من الأملاح نتيجة للرى بماء غير ما يكون فى مقدار الماء الذى تحتفظ به الأرض عند السعة الحقلية بصرف النظر عن مقدار ماء الرى الذى أضيف أو مرات الرى أما إذا كان مستوى الماء الجوفى قريبا من السطح أو كان بالأرض نباتات فإن عوامل أخرى تتدخل وهى :

**أ ) فى حالة مستوى ماء أرضى قريب من السطح :**

١- زيادة ونقص تركيز الأملاح فى الماء الجوفى نتيجة وصول ماء الرى ويتوقف ذلك على تركيز الأملاح لكل من ماء الرى والماء الأرضى الجوفى.

٢- مقدار الماء الأرضى الجوفى الذى يصل إلى سطح الأرض بالخاصة الشعرية.

٣- مقدار البخر نتح من السطح والنبات.

ومن الواضح أن الرى بماء ملحى لأرض لا تتمتع بصرف جيد يعنى إضافة مقادير من الأملاح إلى هذه الأرض مع كل رية دون أن يطرد من الأرض أملاحها. وبالتالى فإن مقدار الملح الذى تكتسبه الأرض فى كل رية يعادل حاصل ضرب حجم الماء المضاف كله فى تركيز الأملاح به. وعندما يتحرك ماء الرى من سطح الأرض إلى باطنها فإنه يزيح الأملاح الأرضية وينقلها معه إلى الماء الجوفى وفى الفترة بين الريات ينعكس اتجاه حركة الماء فيصبح من مستوى الماء الجوفى إلى سطح الأرض ويحمل الماء معه الأملاح حيث يتجمع بالبخر على السطح وهكذا يتزايد محتوى قطاع الأرض من الأملاح مع كل رية ولو أنها تتحرك مع الماء من أعلى إلى أسفل عند إضافته ثم من أسفل إلى أعلى بين كل رية وأخرى.

ونوجه النظر إلى أن مقدار الملح الذى تحتفظ به الأرض بعد الرى بماء ملحى يتوقف على مقدار الماء الذى تحتفظ به هذه الأرض عند السعة الحقلية أما تركيز الأملاح فى مستخلص هذه الأرض عند درجة التشبع مثلا فلا يرتبط بمقدار الماء وبالتالى فإن تركيز الأملاح فى مستخلص أرض طينية عند درجة التشبع رويت بماء ذى تركيز معين من الأملاح لا تختلف كثيرا فى تركيز الأملاح فى مستخلص أرض رملية عند درجة التشبع رويت بنفس الماء ولكن مقدار الأملاح الذى احتفظت به الأرض الطينية يزيد عما احتفظت به الأرض الرملية وذلك لزيادة مقدار الماء الذى تحتفظ به الأرض الطينية عما احتفظت به الأرض الرملية وذلك لزيادة مقدار الماء الذى تحتفظ به الأرض الطينية عند درجة التشبع أو السعة الحقلية عن نظيرتها الرملية.

**ب) فى حالة نمو نباتات بالأرض :**

بإضافة الماء الملحى تمتص النباتات قدرا كبيرا من الماء المضاف ليواجه احتياجات البخر نتح ويترك أغلب ما يحتويه الماء من أملاح فى الأرض فيزداد تركيز هذه الأملاح فى مقدار الماء الأرضى المتناقص وبإضافة الأملاح مع كل رية.

والتملـيح الثـانوى الناتج عن استخدام ماء ملحى شائع فى الأراضى المستصلحة بمصر نتيجة استخدام مياه الصرف فى الرى. ومن أوضح الأمثلة مشروعات ادكو والقصبى التى تأخر استصلاحها لهذا السبب كما أن مساحات من أراضى القطاع الشمالى لمديرية التحرير زادت بها نسبة الأملاح بعد زيادة نسبة الأملاح فى ماء الرى الذى اختلط به ماء الصرف.

**جدول (١١): التقديرات العملية اللازمة لتقويم جودة ماء الرى**

| الملحية | المدى المعتاد | الوحدة | الرمز |
|---|---|---|---|
| المحتوى الملحى | ص – ٣ ds/m | ds/m | $EC_w$ |
| أو جملة الموادالصلبة الذائبة | ٥ – ٢٠٠٠ مجم/ل | Me/l | TSS |
| **الكاتيونات أو الأنيونات :** | | | |
| كالسيوم | ص – ٢٠ me/l | me/l ملليمكافئ/لتر | كا$^{++}$ |
| ماغنسيوم | ص – ٥ me/l | me/l | $Mg^{++}$ |
| صوديوم | صفر – ٤٠ | mg/l | $Na^{+}$ |
| كاربونات | صفر – ٠,١ | mg/l | $CO_3^{--}$ |
| بيكربونات | صفر – ٣٠ | mg/l | $HCO_3^{-}$ |
| كلورايد | صفر – ٣٠ | mg/l | $Cl^{-}$ |
| كبريتات | صفر – ٢٠ | mg/l | $SO_4^{--}$ |
| **المغـذيات :** | | | |
| نترات النتروجين | صفر – ١٠ | mg/l | $W_3 - N$ |
| أمونيوم النتروجين | صفر – ٥ | mg/l | $NH_4 - N$ |
| فوسفات الفوسفور | صفر – ٢ | | $PO_4 - P$ |
| بوتاسيوم | صفر – ٢ | mg/l | $K^{+}$ |
| مختلفة | | | |
| بورون | صفر – ٢ | mg/l | B |
| الحموضة القلوية | ٦ – ٨,٥ | ١ – ١٤ | PH |
| نسبة ادمصاص الصوديوم | صفر – ١٥ | ملليمكافئ/لتر | SAR |

مجم/لتر = جزء فى المليون.

ملليمكافئ/لتر = ١ ملليمول/لتر.

**مميزات الأملاح :**

يوجد عاملان يكونان مميزات الأملاح فى أعمدة الأرض عند ريها بالماء :

أ- الزيادة فى الأملاح التى يمكن تقديرها من حاصل ضرب مقدار البخر نتح × تركيز الأملاح فى الماء.

ولو أن توزيع الملح فى الأرض يظل محتاجا للرى شهر.

ب- فقد الأملاح بحلول ماء الرى التالى أو بماء المطر ويمكن تقدير هذا العامل باستخدام معادلات حركة الأملاح مع الماء التى اقترحها Gardner ولدراسة مميزات الأملاح فى الأراضى المروية استخدم سابولش zabolcs اصطلاح Salt regime constant والذى يقصد به التغير فى محتوى الأرض من الأملاح خلال فترة محدودة من الوقت عادة تكون سنة.

وثابت Salt regime يقدر من فقدان الملح فى ماء الرى والوزن النوعى Volume weight للأرض ، وارتباطا بالرموز السابق استخدامها يعبر عنه بالمعادلة :

$$D = b - (a\,CV - 10^{-4})\,Mt_{Fs}$$

حيث :

a = الأملاح الذائبة بالأرض جم/١٠٠جم ارض.

b = محتوى الأرض من الأملاح الذائبة فى آخر ملاحظة جم/١٠٠جم أرض.

C = تركيز الأملاح فى ماء الرى جم/لتر.

D = تأثير Salt regime للأرض g/١٠٠جم أرض.

V = فقد ماء الرى المضاف بالمتر المكعب.

M = سمك طبقة الأرض.

$t_{Fs}$ = الحجم النوعى للأرض.

وفى الأعمدة المزروعة كان مقدار كربونات الكلسيوم المتزايد يتراوح بين ٠,٣٤٥ و ٠,٣٦ ملليمكافئ/عمود مزروع فول ومقدار٠,٨ و ١,٣٨ ملليمكافئ/ عمود مزروع قمحا بينما فقد الماء المحتوى على كبريتات ٠,٩٩ و ٠,٤ ملليمكافئ كا كل٢ عمود مزروع بالفول أو القمح على التوالى.

وفى تجربة باستخدام براميل ملئت بنفس الأرض وزرعت المجموعة الأولى منها بالقمح والثانية بالفول وتركت الثانية بدون زراعة مع استخدام الاحتياجات الغسيلية المناسبة لكل نبات.

كانت SAR لجميع المياه المستخـــدمة تزيد عن ١١ ووجد أن نســبة الصوديوم المتبادل ESP تزيد بهذه المياه كما لوحظ أن قيم الصوديوم المتبادل تتفق إلى حد كبير مع قيم SAR.

واستنتج (بلبع وعطا) التوصيات الآتية :

١- التحكم فى ملحية التمليح : أجريت تجربة أخرى (رابعة) فى براميل زرعت ذرة لمقارنة ٣ طرق لحساب الاحتياجات الغسيلية الأولى حيث تكون الاحتياجات الغسيلية ٥٠% والطريقة الثانية بإضافة ربع القيمة السابقة كما اقترح Berstein & Francois أى ١٢,٥% والثالثة التى اقترحها Rhoades أى بمقدار ١٦٣%.

بنيت النتائج على عدم وجود اختلاف فى الوزن الطازج للنباتات التى فى حالة احتياجات غسيلية ٥٠% أو ١٦٥% أو ١٢٠٠% كاحتياجات غسيلية بينما اختلف المحتوى الرطوبى لها فكان على الترتيب ٤٤٨% و ٤٧٣% و ٤٧٤% وأما بالنسبة للنباتات النامية دون إضافة احتياجات غسيلية فكان محتواها من الماء ٥٢٠% ووجد أيضا أن التوصيل الكهربائى المستخلص الأرضى يتجه نحو النقص مع زيادة قيمة الاحتياجات الغسيلية.

٢- بإستخدام القيمة المناسبة للاحتياجات الغسيلية للقمح والفول كان النمو يسير عاديا حتى مرحلة النضج ثم يتأثر بمستوى الأملاح فى الماء المضاف كما يتأثر كذلك الاستهلاك المائى للنباتات المروية بماء ملحى.

٣- طبقت معادلة Berstein & Francois فى حساب تمليح الأرض وأظهرت النتائج أن قيم تمليح الأرض تحت الظروف التجريبية تختلف فى تجربة الذرة مع كمية الماء المضافة كاحتياجات غسيلية فكانت :

٦,٥٩ و ٧,١٩ و ٥,٦٢ ds/m عندما كانت الاحتياجات الغسيلية ١٦,٣% و ١٢,٥% و ٥٠% على التوالى.

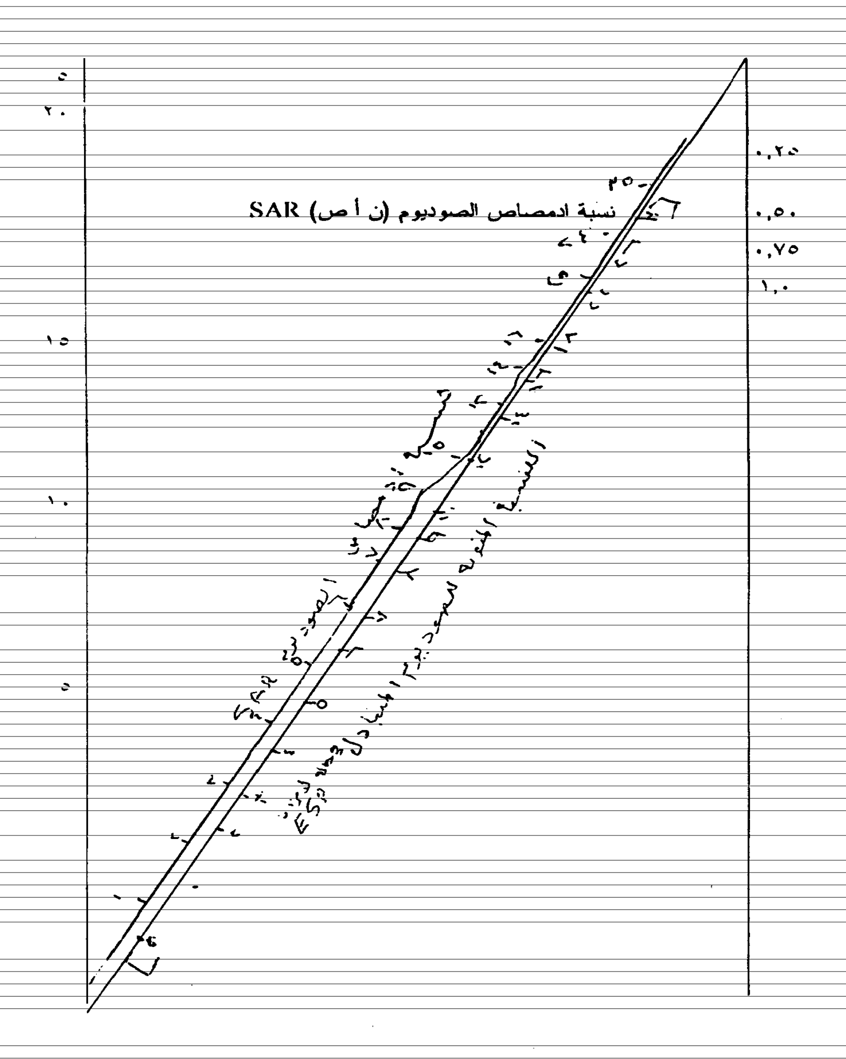
وباستخدام مياه مختلفة فإن تمليح الأرض المؤثر كان إلى حد ما أكثر انخفاضا للفول ٢,٧ و ٤,١٨ و ٢٥,١١ ds/m عن القمح ٢,٩٤ و ٥,١ و ٦,٥ ds/m وذلك للمياه ١، ٢، ٣ على التوالى.

لم تتســـاو القيمتان $EC_{drw}/_{w1}EC$ و $_{w1}D/D_{ohx}$ ولم يمكن الوصول لتساويهما وخصوصا فى الأرض المزروعة.

تم حساب الحد الأقصى المسموح به من التوصيل الكهربائى للماء وذلك من معادلة Phoades وبينت العلاقة بيانيا بين قيمة التوصيل الكهربائى للمحلول والاحتياجات الغسيلية ومستوى تحمل المحصول.

وهذا يعنى أنه إذا كانت الأملاح منخفضة عند بداية موسم النمو فإن كفاءة استخدام الماء خلال موسم النمو قد تكون كافية ١٠٠% بدون غسيل أو فقد فى المحصول.

وفى الموسم التالى فإن الأمطار والبيات الشتوى والرية قبل الزراعة كل منها وحده ومتجمعة معا يمكن اعتبارها كافية لزيادة الرطوبة الأرضية العميقة وتغسل الأرض من الأملاح.




رسم بيانى يوضح تقدير (SAR) فى ماء الرى

وقيمة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل التى تتردد معها فى الأرض

**تقدير الماء اللازم للغسيل :**

يذكر Kovda أن العلاقة بين مقدار الماء اللازم للغسيل ودرجة تركيز الأملاح فى الأرض يمكن أن يعبر عنها تقريبيا بالمعادلة الآتية :

$$ص = ن_{١} . ن_{٢} \times ٤٠٠ س + ١٠٠$$

حيث :

ص : مقدار الماء اللازم للغسيل معبرا عنه بعمق من الماء بالملليمتر

س : متوسط النسبة المئوية للأملاح بالأرض حتى عمق ٢٠٠ متر

ن : معامل يتوقف على درجة نفاذية الأرض وعمق الماء وعلى قوام الأرض حيث :

$ن_{١}$ = ٠,٥ فى حالة الأرض الرملية.

= ١ فى حالة الأرض الطميية.

= ٢ فى حالة الأرض الطينية.

، $ن_{٢}$ = ١ فى حالة الماء الأرضى العميق.

= ٢ فى حالة الماء الأرضى القريب عن السطح.

، $ن_{٣}$ = ١ – ٣ حسب تركيز الأملاح بالماء الأرضى.

**معـــادلة Volobuyev**

يقترح فولوبوييف فى معهد أذربيجان لعلوم الأراضى والكيمياء الزراعية المعادلة الآتية :

$$ص = \left( \frac{ن س_{١}}{س_{٢}} \right) م$$

حيث:

ص : هو مقدار الماء بالمتر المكعب لكل ١م$^{٢}$ من المساحة المراد غسلها.

، ن : ثابت يساوى ١ فى حالة ما تكون المساحة هى الوحدة.

، س : تركيز الأملاح بالأرض جم/لتر.

، $س_٢$ : تركيز الأملاح المرغوب بالأرض (بعد الغسيل) جم/لتر.

، م : ثابت يختلف حسب القوام وتركيز الأملاح بالماء المستعمل.

**ميزان الأمــلاح :**

سبق أن أشرنا إلى أهمية حساب ميزان الأملاح فى عملية غسيل وتجمع الأملاح بالأرض وأوضحنا أن الماء فى نفاذه خلال العمود الأرضى إلى المصرف يحل محل المحلول الأرضى بما فيه من أملاح ويضيف إلى الأرض من الأملاح بقدر ما تحتفظ به من هذا الماء مضروبا فى تركيز الأملاح به.

وإذا كان المقدار المضاف من الأملاح أكبر من المقدار المطرود منها أصبحت العملية تجمعا للأملاح أما إذا كان ما يحتويه الماء من الأملاح صغيرا أو المقدار الذى أضيف للأرض منه مع الماء أقل من المقدار الذى طرد منها فإن العملية تصبح عملية غسيل أو فقد.

يعبر بريسين Bryssine عن ذلك بالمعادلة :

$$س_١ = \frac{س \times م + م\ ق}{ك}$$

حيث :

$س_١$ : تركيز الأملاح بالأرض قبل إضافة الماء.

، س : التركيز بعد إضافة الماء باللتر/كجم أرض.

، ق : تركيز الأملاح فى الماء المضاف بالجرام/لتر.

، ك : مقدار الماء المضاف للأرض باللتر/كجم أرض.

وعند الرى عدة مرات تصبح المعادلة :

س ن = س – ص + ص / (ك / ن)

حيث ص = ق ك / (ك / م – ١)

وقد اختبرنا هذه المعادلة واتضح لنا أنها قد تصلح للتعبيرعن درجة تركيز الأملاح فى الأرض بعد الرى مرة واحدة على أن تكون الأرض منخفضة الملحية والماء عالى التركيز أما إذا كانت الأملاح بالأرض عالية التركيز أو فى حالة تطبيق المعادلة لأكثر من رية فإنها تعطى نتائج لا تتفق مع النتائج التجريبية.

**جدول (١٢): التنبؤ بملحية الأرض الناتجة عن الرى بماء ملحى مع استخدام نسبة الصرف**

| معامل التركيز X | نسبة الماء الواجب إضافته إلى مقدار البخر– نتح ET | نسبة الصرف LF |
|---|---|---|
| ٣,٢ | ١٠٥,٣ | ٠,٠٥ |
| ٢,١ | ١١١,١ | ٠,١٠ |
| ١,٦ | ١١٧,٦ | ٠,١٥ |
| ١,٣ | ١٢٥,٠ | ٠,٢٠ |
| ١,٢ | ١٣٣,٣ | ٠,٢٥ |
| ١,٠ | ١٤٢,٩ | ٠,٣٠ |
| ٠,٩ | ١٦٦,٧ | ٠,٤٠ |
| ٠,٨ | ٢٠٠,٠ | ٠,٥٠ |
| ٠,٧ | ٢٥٠,٠ | ٠,٦٠ |
| ٠,٦ | ٣٣٣,٣ | ٠,٧٠ |
| ٠,٦ | ٥٠٠,٠ | ٠,٨٠ |

معادلة التنبؤ: Ece = ECw X . ، معامل التركيز حسب الطريقة الموضحة سابقـــا.

وتقسم المعامل الأمريكية أضرار البورون إلى أربعة أقسام تبعا لتركيزه فى ماء الري وهى :

أ- أقل من ٠,٥ مجم/لتر وهو مناسب لكل المحاصيل.

ب- من ٠,٥ - ١,٠ مجم/لتر مناسب لبعض المحاصيل ، ولكن المحاصيل الحساسة تعانى أضرارا فى الأوراق ولكن قد لا يتأثر المحصول الناتج.

ج- من ١,٠ - ٢,٠ مجم/لتر مناسب للمحاصيل المقاومة ، وتتأثر المحاصيل الحساسة بنقص فى محصولها ونموها الخضرى.

د- من ٢,٠ - ١٠,٠ مجم / لتر المحاصيل شديدة التحمل هي التي تنتج فقط محصولا مناسبا.

ولا يوجد الآن طريقة اقتصادية لإزالة البورون من ماء الرى، كما أنه لا توجد أى مصلحات كيميائية يمكن إضافتها بطريقة اقتصادية لتوقف أضرار سمية البورون، ولكن يمكن تخفيف الضرر الناتج بإضافة كمية زائدة من الأسمدة أو بزيادة عدد مرات الرى عن المستوى العادى.

**أخطار المبيدات والملوثات :**

تحتوى المبيدات الحشرية والفطرية ومبيدات الحشائش وغيرها على مركبات عضوية والتي قد يكون لها تأثير مباشر أو غير مباشر على النظام الحيوى للأرض، وتتكون هذه المركبات من هالوجينات وهيدروكربونات وفوسفات وكربونات ... إلخ. وقد تتلوث مياه الري بمثل هذه المركبات التي تستخدم فى السنوات الأخيرة على نطاق واسع فى الزراعة، ولا بد أن يعطى لها أهميتها فى تقويم صلاحية الماء الذي تلوث بمثل هذه المركبات للرى وهناك جداول توضح التركيزات المسموح بها فى ماء الري والتي يجب ألا تتعداها وإلا فسوف يؤدى ذلك إلى اضطراب النظام الحيوي للأرض مما قد يكون له تأثير مباشر على الأرض والنبات المزروع.

**أخطار المواد الصلبة العالقة :**

أدخل هذا العامل فى تقويم صلاحية المياه للرى وخاصة فى السنوات الأخيرة بعد أن تطورت تكنولوجيا أساليب الرى. ذلك أن المواد العالقة بماء الري قد يكون لها تأثير مباشر أو غير مباشر فى ذلك ، وخاصة عندما تزداد كميتها فقد تؤثر هذه المواد الصلبة العالقة بماء الرى على نفاذية الأرض وخاصة فى الأراضى ناعمة القوام ، وذلك نتيجة ترسيبها فى نظم الرى بالغمر والرى بالخطوط، كما أن مثل هذه المياه قد تكون سببا فى تكوين قشرة صلبة على سطح الأرض تعوق إنبات البذور بالإضافة للإقلال من نفاذية المياه خلال سطح الأرض.

**جدول (١٣): قيم التركيزات العليا من العناصر الصغرى والسامة التى يسمح بها فى مياه الرى**

| العنصر | | لاستخدام الماء لمدة ٢٠سنة فى أرض طينية ذات (د م pH) ٦ – ٨,٥* | لاستخدام الماء بصفة مستمرة لجميع الأراضى (مجم/لتر) |
|---|---|---|---|
| الألومنيوم | Al | ٢٠,٠ | ٥,٠ |
| الزرنيخ | As | ٢,٠ | ٠,١ |
| البريليوم | Be | ٠,٠ | ٠,١ |
| البورون | B | ٢,٠ | ١,٠ |
| الكدميوم | Cd | ٠,٠٥ | ٠,٠١ |
| الكروميوم | Cr | ١,٠ | ٠,١ |
| الكبريت | Co | ٥,٠ | ٠,٠٥ |
| النحاس | Cu | ٥,٠ | ٠,٢ |
| الكلورايد | Cl | ١٥,٠ | ١,٠ |
| الحديد | Fe | ١٠,٠ | ٥,٠ |
| الرصاص | Pb | ١٠,٠ | ٥,٠ |
| الليثيوم | Li | ٢,٥ | ٢,٥ |
| المنجنيز | Mn | ١٠,٠ | ٠,٢ |
| المولبديوم | Mo | ٠,٠٥ | ٠,٠١ |
| النيكل | Ni | ٢,٠ | ٠,٢ |
| السيلينيوم | Se | ٠,٠٢ | ٠,٠٢ |
| الفناديوم | V | ١,٠ | ٠,١ |
| الزنك | Zn | ١٠,٠ | ٢,٠ |

المصدر: FAO, No.29 لم تذكر بالمصدر أرقام للزئبق أو الفضة S والتيتانيوم tin أو التنجستين W

* هذا الرقم للأراضي الطينية أو الحامضية المحتوية على تركيز عالى نسبيا من أوكسيد الحديد.

جدول (١٤): يبين قوام الأرض مع السعة الحقلية والماء الميسور للنبات

| قوام الأرض | الماء الميسور للنبات% | للذبول الدائم نسبة الماء% | السعة الحقلية نسبة الماء % |
|---|---|---|---|
| رملى خشن | ٤,٥ – ٥,٠ | ٣,٥ – ٤,٠ | ٨ – ١٠ |
| طميى رملي ناعم | ٨ – ٩,٥ | ٦ – ٧,٥ | ١٤ – ١٧ |
| طميى | ٩,٥ – ١٠,٥ | ٧,٥ – ٩,٥ | ١٧ – ٢٠ |
| طيني | ١٢ – ١٦,٠ | ١٥ – ١٩ | ٢٧ – ٣٥ |

وتختلف درجة نفاذية الماء خلال الأرض باختلاف القوام ودرجة النفاذية وقدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء يحددها العمق الذي يصل إليه ماء الري فمثلا إضافة عمق ٧سم ماء أى حوالي ٣٠٠م$^{٣}$/فدان يصل الماء إلى الأعماق الآتية عند إضافته إلى الأراضي الآتية:

قـــــــوام الأرض

| | طينى | طميى | طميى رملى ناعم | رملى طينى |
|---|---|---|---|---|
| العمق بالمتر | ٠,٢٣ | ٠,٤٨ | ٠,٥٤ | ١,٠ |

فعند إضـــافة ٣٠٠ م$^{٣}$/فدان يختزن هذا المقـــدار فى الثلاثين سنتيمتر السطحية فى الأرض الطينية بينمـــا يتوزع حتى عمق ١م فى الأرض الرملية وبالتالى فنسبة الماء الميسور فى الأرض الطينية تكون أعلى منها فى الأرض الرملية.

عمق قطاع الأرض :

تتوقف القدرة على نفاذ الماء خلال قطاع الأرض أيضا على عمق القطاع فوجود طبقة شديدة التماسك أو طبقة صخرية تحدد عمق القطاع تؤدى إلى أن يصبح عمق الابتلال محدودا بموقع هذه الطبقة.

وفى حالة وجود طبقات متماسكة قليلة النفاذية تعترض قطاع الأرض فإن قدرة الماء على اختراق هذه الطبقات تقل فإذا كان معدل إضافة الماء إلى الأرض أعلى من معدل نفاذه خلالها قد يتكون فوق هذه الطبقات ظروف غدقة غير هوائية لا تناسب نمو النبات ، كما يتأثر اختيار طريقة الري بانحدار الأرض.

**عوامل متعلقة بالماء :**

أ- **مقدار الماء المتاح للرى :** فاستخدام الري بالرش يقلل مقدار الماء الواجب استخدامه.

ب- **صفات الماء :** ارتفاع ملحية الماء تستوجب استخدام مقدار أكبر كوسيلة لمنع تجمع الأملاح بالأرض ويزداد ضرر الصوديوم والكلوريد فى حالة الري بالرش.

**الأضرار الناتجة عن ارتفاع تركيز الأملاح بماء الرى :**

يختلف مدى هذه الأضرار باختلاف الأرض والحاصلات والجو ولكن يمكن القول عموما إن ارتفاع تركيز الأملاح فى الماء يؤدى إلى انخفاض الإنتاج قد يصل إلى ٥٠% دون أن يظهر على النباتات أي مظهر أو أعراض توحي بأن الضرر ناتج عن أملاح الماء. وأول الأضرار هو أن قدرة النبات على امتصاص الماء من محلول ملحي مركز تكون أقل منها فى حالة محلول ملحي مخفف وينتج عن ذلك أن ماء الري الذي يجب إضافته لمساحة فدان تزيد بزيادة تركيز الأملاح فى الماء وتختلف النباتات فى تأثرها بالأملاح من نبات إلى آخر، فالقطن مثلا يستطيع أن يتحمل نسبة أعلى من الأملاح من الفول الذى يعتبر أكثر حساسية.

ولنوع الأنيونات والكاتيونات الموجودة بماء الرى أثر كبير على صلاحية الماء للرى كما سبق ذكر ذلك، فإذا كانت نسبة ادمصاص الصوديوم (ن أ ص SAR) فى ماء الري أعلى منها فى المحلول الأرضي فإن حلول ماء الري محل

المحلول الأرضي يؤدى إلى زيادة الطين الصودى. وإذا ارتفعت الكربونات والبيكربونات المتبقية فى الماء المستعمل فإن الضرر يكون مؤكدا أيضا لأن ذلك سيؤدى إلى ترسيب الكلسيوم والمغنيسيوم وبالتالي استنفاد الكلسيوم المدمص (المتبادل) يتوالى الري بهذا الماء وتزايد الطين الصودى ذي الصفات الرديئة.

وفي دراسة لنا لاختبار أثر المياه الملحية على الأرض الملحية وغير الملحية وكذا الأراضي الجيرية (المحتوية على نسبة عالية من كربونات الكلسيوم) اتضح ما يلى :

أ- زاد الصوديوم الذائب فى مستخلص الأرض والماء ١:٥ وكذا الكلسيوم والمغنيسيوم الذائبان عند استعمال الماء الصودى الذي لا يحتوى على كربونات زائدة.

ب- أتجه الكلسيوم والمغنيسيوم الذائبان إلى النقص عند استعمال ماء ملحي محتوى على كربونات زائدة.

ج- زادت نسبة الصوديوم المتبادل بزيادة تركيز الصوديوم فى ماء الرى.

د- زادت نسبة الصوديوم المتبادل أيضا بزيادة الكربونات الزائدة فى الماء مع ثبات تركيز الصوديوم.

هـ- باستخدام ماء صودى فى رى أرض ملحية لم تزد درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص الأرض الملحية أي لم تزد ملحية الأرض ولكن تركيز الصوديوم زاد وأنخفض تركيز الكلسيوم وزاد الصوديوم المتبادل على حساب الكلسيوم المتبادل. وبإضافة الجبس إلى الأرض والري بماء صودى انخفضت الزيادة فى النسبة المئوية للصوديوم المتبادل.*

---

* أنظر كتابنا إستصلاح وتحسين الأراضى لمزيد من توضيح هذه النقطة .

جدول (١٥): يبين أثر الرى بمياه صودية على تركيب المستخلص والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل فيها

| مـــاء الرى | تركيز الكاتيونات فى مستخلس ١:١ Na | Ng | Ca | صوديوم متبادل % |
|---|---|---|---|---|
| | ملليميكافئ/لتـــــــر | | | |
| أ | ٧,٠ | ١,٠ | ١,٨ | ٤,٥ |
| ب | ١٦,٠ | ٣,١ | ٢,٤ | ٧,٢ |
| ج | ١٤,٠ | ٢,٠ | ١,٦ | ٨,٢ |
| د | ١٦,٠ | ١,٥ | ١,١ | ٩,١ |

المـــــــاء :

أ- ماء الصنبور.

ب- ماء الصنبور + ص كل Na Cl تركيز ١٥٠٠ جزء/مليون.

ج- ماء الصنبور + أملاح صوديوم ١,٥ ملليمكافئ/لتر كربونات والباقي ص كل ليصل التركيز إلى ١٥٠٠جزء/مليون.

د- ماء الصنبور + أملاح صوديوم ٣ ملليمكافئ لتر كربونات والباقي ص كل ليصل التركيز إلى ١٥٠٠ جزء/مليون.

المصدر : Soils Sci., UAR. Vol.1 pp.85-97, Balba

وعند استخدام المياه التي تحتوى على نسبة عالية من المواد الصلبة العالقة فإنها تؤثر على كفاءة استخدام نظم الري الحديثة مثل الري بالرش وذلك لترسيبها على سطح الأوراق للنبات وتسبب اضطرابا فى نظام التمثيل الحيوى، وفى نظام الري بالتنقيط فإن مثل هذه المياه قد تسبب انسداد فتحات الرى بالتنقيط مما يسبب عدم انتظام توزيع المياه بالحقل.

ويضف Ayers النقاط الآتية تعليقا على النظام الأمريكي المقترح لتقدير صلاحية الماء للرى :

١- أن هذا النظام يتصف بالمرونة وينتظر منه أن يقدر الأضرار المتوقعة بالنسبة لإنتاج الحاصلات عند استخدام الماء لفترة طويلة، وأن الأمـــر قد يقتضي الخروج عن حدود الدرجات بالنسبة لبعض الظروف المحلية بنسبة نحو ١٠ - ٢٠%.

٢- المفروض أن الماء سوف يستخدم تحت ظروف متوسطة من ناحية قوام الأرض وحالة الصرف ومقدار الماء والمناخ ودرجة مقاومة الحاصلات للملح فإذا اختلفت ظروف استخدام الماء عن ذلك قد يصبح استخدام الماء الذي يقدر طبقا لهذا النظام بأنه غير جيد، مأمونا أو على العكس قد يصبح الماء الذي يعتبره هذا النظام مأمونا ، غير جيد.

٣- يجب أن يكون واضحا أن التقسيم إلى درجات حسب قيود الاستخدام - ولو أنه غير واضح المعالم إلا أنه قد استنتج من العديد من الملاحظات والتجارب خلال الأربعين سنة الماضية.

٤- يطبق هذا النظام لتقويم صلاحية الماء للرى السطحي - بالخطوط ، بالغمر بالحوض أو بالرش - أو غيرها من طرق الري التي يضاف الماء فيها كلما أحتاج النبات إلى الري وبالتالي لا يضاف الماء إلا بعد أن يستنفد إلى حد كبير ما تختزنه الأرض من ماء.

٥- أدخل فى هذا النظام بعض الآراء الحديثة فى علاقات الأرض والنبات والماء ومنها امتصاص الماء بواسطة النبات يحدث عادة من أعلا ثلثي منطقة نمو الجذور بالأرض، وهو ما يعتبر الجزء الأكثر نشاطا من منطقة الجذور. وأن كل رية تطرد ما تجمع من أملاح فى هذه المنطقة فتصبح نسبيا أقل ملحية من غيرها.

ويعتبر تركيز الأملاح الناتج عن الرى بالماء المستخدم فى أرض هذه المنطقة نحو ٣ أمثال تركيزه فى الماء المستخدم، وأن ملحية هذه المنطقة تمثل درجات الملحية التي تؤثر على النبات أما درجة ملحية الطبقات الأعمق فأقل أهمية ما دامت مياه هذه المنطقة كافية لإمداد النبات بحاجته من الماء.

ويذكر Ayers أنه يمكن السيطرة على تجمع الأملاح فى منطقة الجذور إلى حد ما بإضافة مقدار زائد من الماء وهو ما يعبر عنه بالاحتياجات العسيلية لماء الرى، ولكن لا يعنى ذلك أن استخدام الماء الملحي مأمون طالما أضفنا الاحتياجات العسيلية بل أن تخفيف ضرر استخدام هذا الماء قاصر إلى الدرجة التي تمثلها نسبة الملح فى الماء المستخدم، فإذا كان تركيز الملح فى هذا الماء عاليا ويزيد عن قدرة النبات على تحمل الملح فإن محصول هذا النبات لا بد أن يقل نتيجة استخدام هذا الماء حتى مع إضافة ماء زائد يمثل الاحتياجات العسيلية، فهذه الإضافة تحسن المحصول ولكنها محدودة بقدرة المحصول على تحمل ملوحة ماء الرى.

**١ – خواص الأرض التى يستخدم الماء فى ريها :**

يتضح أثر اختلاف الأراضى فيما بينها فى تأثرها بماء الري الذى يحتوى نسبة من الأملاح، فالأرض الطينية تحتفظ عند السعة الحقلية بكمية من الماء قد يصل إلى ضعف الكمية التي تحتفظ بها الأرض الرملية عند السعة الحقلية. فعندما يحتوى الماء نسبة من الأملاح فإن كمية الأملاح التي تحتفظ بها الأرض الطينية تكون أكبر من الكمية التي تحتفظ بها الأرض الرملية وعند نفاذ الماء فى القطاع الأرضى فإنه يغسل معه جزء من الأملاح الموجودة أصلا بالأرض نتيجة حلول ماء الرى محل المحلول الأرضى وقد أتضح من دراستنا أن الكمية التى تغسل من الأملاح الموجودة أصلا بالأرض الرملية تزيد عما يغسل

منها من الأرض الطينية أى أن إضافة الماء إلى أرض طينية ذات صرف يؤدى إلى أن الأرض تحتفظ بمقدار أكبر من الأملاح مع ماء الرى الذي يحتفظ به وتفقد من أملاحها الأصلية مقدارا أقل وتكون النتيجة أن مقدار الأملاح فيها بعد الري بماء به نسبة من الأملاح يزيد عن نظيرتها الرملية عند استعمال نفس المقدار ومن نفس الماء.

**٢- مناخ المنطـقة :**

لدرجة الحرارة والرطوبة ومقدار المطر وشدة الرياح أثر على مقدار الماء المستخدم ومدى تأثر الأرض بالأملاح الموجودة فى ماء الرى فارتفاع درجة الحرارة مع الجفاف وشدة الرياح يؤدى إلى تبخر الماء وتركيز المحلول الأرضى فى فترة أسرع مما لو كان الجو باردا أو رطبا.

**٣- حالة الصـــرف :**

الأرض ذات الصرف الردىء تفقد من الماء المضاف إليها كمية أقل مما تفقده الأرض ذات الصرف الجيد ومع تبخر الماء تتجمع فى الأرض ذات الصرف الردئ كميات من الأملاح أكبر من ذات الصرف الجيـد.

**أثر الصفات الكيميائية لماء الرى :**

عندما يضاف إلى الأرض ١٠٠٠م$^{٣}$ من الماء الذي يحتوى ١٠٠٠جزء/ مليون من الأملاح إلى مساحة فدان نكون قد أضفـنا إلى هذه المساحة طنا من الأملاح. فإذا احتفظت الأرض بهذا المقدار من الماء فى قطاعها فأنها تحتفظ فى نفس الوقــت بطن من الأملاح فى قطاعها وبتبخر الماء تبقى الأملاح فى الأرض وينعكس ارتفاع تركيز الأملاح فى الأرض على خواصها الكيميائية والفيزيائية وعلى صلاحيتها كبيئة مناســبة لنمو النبات فيها وقد سبق لنا الحديث عن الأرض

المتأثرة بالأملاح. ويختلف تأثير الأملاح على الأرض والنبات حسب تركيز هذه الأملاح فى الماء وحسب نوع الأنيونات والكاتيونات الموجودة فيها ولذا يتجه الاهتمام عند فحص ماء الري إلى كل من تركيز ونوع الأملاح بها.

Standard Method FAO Bul.10, USDA Handbook No.60 of Amer. Water Works Assoc., 1971.

وهى طرق واجبة الإتباع ومن الضرورى أيضا الحصول على عينات مماثلة لنتأكد من إمكان استخدام الطرق المستعملة.

**استخدام نظام التقويم :**

المعلومات الأساسية المطلوبة للتقويم الحقلى لملائمة الماء للرى سبق ذكرها.

**جدول (١٦): المعلومات المطلوبة للتقويم الحقلى لملائمة الماء للرى**

| شدة المشكلة | | | وحدات | المشكلة المحتملة | |
|---|---|---|---|---|---|
| شديدة | ضعيفة إلى متوسطة | لا يوجد | | | |
| أكثر ٣,٠ | ٣,٠–٠,٧ | ٠,٧ | د س /م | EC | التمليح |
| ٢٠٠٠ < | ٢٠٠٠–٤٥٠ | ٤٥٠ < | مجم / لتر | مجموع المواد الذائبة | |
| **نفاذية الماء بالأرض تقدر EC مع SAR** | | | | | |
| ١,٢ > | ١,٢–٠,٧ | ٠,٧ < | | ٣,٠–٠ | SAR |
| ٣,٠ < | ٣,٠–١,٢ | ١,٢ > | | ٦,٠–٣ | SAR |
| ٥ < | ٥–١,٩ | ١,٩ > | | ١٢,٠–٦ | SAR |
| ٢,٥ < | ٢,٥–٥,٠ | ٥,٠ < | | ٢٠–١٢ | SAR |
| **الصوديوم الأيونى يؤثر على النباتات الحساسة للصوديوم $Na^+$** | | | | | |
| ٩,٠ < | ٩,٠–٣ | ٣ < | | ري سطحي بالغمر SAR | |
| ١٠ < | ١٠–٤ | ٣,٠ < | | ري بتالرش مجم /لتر | |
| | ٣ < | ٤,٠ < | | كلوريد CHl | |
| ٣ < | ٣–٠,٧ | ٣,٠ > | | ري بالرش مللميكافى /لتر | |
| | | ٠,٧ < | | بورون مجم /لتر | |

ويوجد ٤ حالات تؤثر فيها جودة الماء على حجم ونوع تركيب السكان بالنسبة إلى مشكلات الأمراض والحشرات المزعجة.

- إيجاد ظروف أرضية تمد المسطحات المائية والمساحة الأرضية أو تزيد مدة وجودها.

- باستخدام طرق رى ينتج عنها أيضا مع ابتداء المسطح المائى أو زيادة مدته التأثير المباشر على المشكلة.

والظروف الأرضية غير الملائمة مع معدل منخفض من النفاذية قد تحدث عــندما يكون الماء شديد الانخفاض فى الأملاح أو به نسبة عالية من الصوديوم بالنسبة إلى محتوى الكلسيوم والمغنسيوم. وهذا له تأثير واضح على تأثير امتداد المدة عندما تقف مياه الرى فى الحقل وتنتج فى المدة الأطول مياه راكدة بعد مطر فى غير موسم الرى وفى حالة كثافة استخدام الأرض المروية نسبا قليلة فإن هذا قــد يعــنى أن مدة وقوف الماء كافية لازدهار نمو الكائنات الدقيقة والــ Snails وهو الوسط المتوسط لنمو وتكاثر يرقات الانكلوستوما.

وفى حالة ما تكون الملحية عالية قد يكون من الضرورى أن يوفر الرى فــترة قصيرة حتى يكون سطح الأرض دائما رطبا وتكون الأرض دائما محتويه مــاء وعندما يكون تجمع الأملاح واجب المعالجة بالغسيل قد يتطلب ذلك وقوف المــاء بالحقل لمدة قد تصل إلى عام. وفى كلا الحالتين ومع فترات تستلزم الرى مــرة أخــرى لاستكمال الصرف أو الجفاف فى البقع المنخفضة قد يوجد الوقت الكــافى لاســتكمال الأجــزاء المائية من حياة الناموس (عادة مدة أسبوعين فى المناطق الاستوائية) وإنتاج جيل جديد من الحشرات الناضجة.

وأحد المشاكل التى تؤثر دائما على المصارف الزراعية هو نمو الحشائش المائــية نتــيجة زيــادة النتروجيــن من الأسمدة ، وهذه الحالة يمكن أن تتواجد أيضا فى قنوات الرى حيث تختلــف الإضــافة مع الماء المنصرف من الجريان

الســطحى للأرض الزراعية أو الماء المتخلف عن المصادر البشرية أو مصانع الأغذية والظروف الملائمة لنمو حشائش مائية غزيرة ونموات Algal تؤثر أيضا علــى إيجاد ظروف ملائمة لبعض الحشرات الناقلة للأمراض والآفات الحشرية وهــى أيضا تقتضى مقاومة بالكيماويات وقاتلات الديدان بقواقع وتجعل مقاومتها أكثر صعوبة وكلفة.

**مشكلات التسميد بالتملح :**

فى حالة استخدام ماء رى ذى ملحية منخفضة (ds/m ٠,٥) وخصوصا أقل من ذلك (ds/m ٠,٢) يكون للماء قدرة على النحر وعلى سد نظام الرى بالتنقيط .

وفى حالة انخفاض محتوى الماء من الأملاح خصوصا الكلسيوم وهو ما يخفض قدرتها فى التأثير على جزئيات الأرض وبنائها فبدون أملاح وبدون كلســيوم تتفرق التربة والحبيبات المفرقة تملأ المسام الصغيرة فيصبح السطح مصمتا، وينخفض معــدل رشــح الماء من الأرض وينتج عن ذلك قشرة على السطح وصعوبة الإنبات وإضافة إلى ذلك يقل الماء الزائد خلال الأرض ويقل امتصاص الجذور للماء ويؤدى عادة إلى حالة العطش.

والماء شديد الانخفاض فى الأملاح (ds/m ٠,٢) يؤدى دائما إلى مشكلة عدم نفاذية المـــاء خلال الأرض بغض النظر عن نســبة ادمصـــاص الصوديوم (SAR) ومعروف أن ماء المطر شديد الانخفاض فى تركيز الأملاح ويؤدى عادة إلى انخفاض رشح الماء مما يؤدى إلى زيادة انجراف التربة.

وزيادة الصوديوم فى ماء الرى أيضا يزيد تفرق الأرض وتهدم بناء الأرض إذا زاد الصوديوم عن الكلسيوم عن النسبة ٣ : ١، ومثل هذا الصوديوم المرتفع (أكثر من ٣ : ١) ينتج عــادة مشكلة شديدة لرشــح الماء خلال الأرض

نتيجة لتفرق الأرض وانسداد مسام سطح الأرض مثلما يحدث فى حالة انخفاض تركيز الأملاح بالماء، ويرجع ذلك إلى الحاجة إلى كلسيوم كاف يعادل تأثير التفرق الناتج من الصوديوم.

وزيادة الصوديوم أيضا قد تسبب صعوبة شديدة فى امداد الماء للنبات القائم ليكفى احتياجاته.

والمشكلات الأخرى مثل تكون قشرة سطحية وانخفاض الانبات ونقص التهوية ومرض الجذور والنبات ونمو الحشائش وصعوبة مقاومة الناموس (لوقوف الماء على سطح الأرض) قد يزيد الأمر صعوبة.

واستخدمت فى الأراضى عدة سبل للتنبوء بمشكلة عدم نفاذية الأرض وكان من هذه السبل كربونات الصوديوم المتبقية (Richard 1954) التى كانت تستخدم بكثرة لتقويم مشكلة عدم النفاذية وقد أصبحت طريقة حساب SAR أكثر استخداما فى البحوث والنشرات العلمية.

وتذكر SAR فى كثير من الأحيان بأنها RNA والتعبيران متماثلان، وطريقة SAR تعنى أن مشكلة عدم نفاذية الأرض إلى زيادة الصوديوم بالنسبة إلى الكلسيوم والمغنسيوم ولا تأخذ فى حسابها التغير فى الكلسيوم فى المحلول الأرضى الذى قد يحدث فى ذوبان الكلسيوم نتيجة من الترسيب أو الإذابة فى الكلسيوم خلال أو بعد الرى.

بينما الصوديوم وهو العامل الهام فى الملحية يبقى ثابتا وفى حالة الاتزان مع الصوديوم المتبادل فى جميع الأوقات ، وسواء بزيادة تركيزه نتيجة امتصاص الماء بين الريات أو بتخفيفه نتيجة إضافة الماء أو غسله إلى المصرف فالعوامل الخارجية التى تؤثر عليه قليلة التأثير على ذوبان الصوديوم أو على ترسيبه، بينما الكلسيوم لا يظل دائما راســبا أو كإمداد ثابت بل دائم التغير حتى يصل إلى حالة

الاتزان وتحدث تغيرات الكلسيوم نتيجة إذابة معادن الأرض والإذابة عادة فى كربونات الكلسيوم الذى يؤدى ذوبانها إلى زيادة تركيز الكلسيوم أو ترسيبه من محلول الأرض عادة على صورة كربونات كلسيوم فينخفض الكلسيوم بالمحلول الأرضى ويزداد الذوبان بتأثير ثانى أكسيد الكربون الذى يذوب فى المحلول الأرضى وقد يحدث الترسيب نتيجة وجود كلسيوم كاف مع وجود كربونات كلسيوم أو كبريتات كلسيوم وبعد الرى مباشرة قد تحدث الإذابة أو الترسيب فيتغير إمداد الكلسيوم ويحدث اتزان جديد بين التركيز الجديد للكلسيوم مغاير لما يوجد بالماء.

ونسبة ادمصاص الصوديوم (ن أ ص SAR) لأنها لا تتأثر بهذه التغيرات يكون فيها بعض الخطأ ولو أن طريقة (SAR) لا تزال طريقة مقبولة بالنسبة لتقويم ماء الرى.

ويرى Ayers & Westcot أن ماء الرى قد يؤدى أيضا إلى التعرض للميكروبات فى الهواء والأرض والنبات القريبة من الموقع المروى.

ويتوقف مدى التعرض على درجة المعاملة بشرط أن الظروف الجوية السائدة وطبيعة المحصول المروى وتصميم نظام الرى وحيث يكون نوع الأرض والمحصول ملائمين يمكن استخدام الماء بنظام الخطوط حتى لا تلوث الهواء أو الأجزاء العليا من النبات، أما الرى من أنابيب تحت السطح بالتنقيط فتسبب أقل قدر من الأضرار من أى نوع ، على أى حال فتكلفة هذه الطرق الغالية على نطاق واسع يحدد بشكل كبير صلاحيتها. وتسبب الرشاشات أعلى احتمالات التلوث بالميكروبات للنبات والهواء الجوى.

عند تقويم مدى استخدام ماء الرى فإن خواصها البيوكيماوية والميكروبية يجب أن تقوم على مقارنة هذه القيم بالقيم الصحية المقررة مع الأخذ فى الاعتبار المحصول والأرض ونظام الرى وطريقة استهلاك المنتج ولا تقوم الناحية الكيماوية إلا فى حدود الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم والأيونات السامة.

وبالنسبة للحدود الحجمية فإن حجم ماء الصرف الصحى المتاح لإعادة استخدامه للرى غير ذى أهمية بالمقارنة واحتمالات أثر جودة الماء وإعادة إستخدام الماء فى التخطيط ذو أهمية خاصة اقتصاديا وبيئيا واجتماعيا حتى أن أهمية التخطيط الصحيح تفوق كثيرا الكميات الصغيرة والمساحات المستخدمة.

**المعاملة التى ينصح بها WHO لإعادة استخدام ماء الصرف الصحى**

| | حاصلات تؤكل طازجة | تؤكل بعد نضجها | حاصلات ليست للاستخدام المباشر للإنسان |
|---|---|---|---|
| النمط الصحى (أنظر معنى الرموز أسفل) | ج + د | ج + د | أ + هـ |
| معاملة أولية | ب × × × ج + د | × × × | × × × |
| معادلة | × × × | × × × | |

وتعنى الرموز الموضحة عاليه :

(أ) الخلو من المواد الصلبة والمتبقية من البكتريا.

(ب) مثل (أ) مع التأكيد على التنقية من البكتريا.

(ج) لا يوجد بالماء أكثر ن ١٠٠ بكتريا كولى/١٠٠سم$^{3}$ من العينات.

(د) لا يوجد بها كيماويات تؤدى إلى وجود بقايا غير مرغوبة فى الحاصلات.

(هـ) لا يوجد بها كيماويات تؤدى إلى أغشية فطرية على الجلد.

ولأجـل إستيفاء هذه الشروط الصحية فإن ××× ضرورية بالإضافة إلى عملـية أو أكـثر ذات رقم ×× يكون أيضا ضرورية والعمليات الأخرى (×) قد تكـون أيضا ضرورية. فى حالة استخدام الماء للترفيه وليس للغذاء الآدمى فإن اشتراطات WHO للرى تكون أيضا واجبة بالنسبة للذين على صلة وثيقة بالماء خلال الرى.

**إضافة المصلحات التى تعالج بطء النفاذية :**

انخفاض تركيز الأملاح بالماء أو ارتفاع التركيز النسبى للصوديوم بالماء يسببان خفض نفاذية الأرض وعدم رشح الماء إلى الطبقات السفلى لمد الجذور بالماء ويتحقق ذلك بزيادة تركيز الكلسيوم.

وبالتالى يقل التركيز النسبى للصوديوم (SAR) وزيادة تركيز الأملاح الكلسية فى الماء الذى يقل فيه هذا التركيز كما أن إضافة الجبس سواء فى الماء أو إلى الأرض ترفع الأملاح الكلسية فى الماء الذى يقل فيه هذا التركيز مما يزيد رشحه بالأرض.

وإضافة الجبس أو غيره من المصلحات لا يؤدى إلى تحسين إذا كان عدم الرشح يرجع إلى قوام غير ملائم أو تضاغط الأرض أو وجود طبقة طينية مندمجة أو صخرية غير منفذة للماء فى قطاع الأرض أو وجود مستوى ماء جوفى مرتفع.

والمصلحات هى أى مركب كلسى أو حامض يذيب كربونات الكلسيوم الأرضية وإضافة المصلحات مع الماء أشد تأثيرا إذا كان سبب عدم الرشح هو انخفاض تركيز الأملاح بالماء ($EC_e$= < ٠,٢ ds/m) أو حالة SAR لماء منخفض أو متوسط الملحية ( $EC_w$> ٠,١ ds/m) فإذا كانت ملحية الماء متوسطة أو مرتفعة ( $EC_w$ < ١,٠ ds/m) مع ارتفاع قيمة SAR فإضافة المصلحات إلى التربة تكون أكثر فاعلية عن إضافتها مع الماء.

ومقدار الجبس الواجب إضافته إلى الماء ليعالج عدم الرشح خلال الأرض أقل من المقدار الواجب إضافته إلى الأرض. والجبس أكثر تأثيرا إذا كان الماء منخفض الأملاح ($EC_w$ L 0.5 ds/m) وهو أقل من فاعليته عن إضافته إلى الأرض إذا كان المـــاء يرفع التركيز وعموما لا يذوب أكثر من ١-٤ ملليمكافئ

كلسيوم فى ماء الرى سريع التدفق فى قناة الرى وهذا المقدار الصغير نسبيا من الكلسيوم قد يكون مؤثرا فى حالة الرشح عن استخدام ماء منخفض الأملاح فى تحسين الرشح ١٠٠ – ٣٠٠% أما فى حالة الماء ذى التركيز المرتفع فالمقدار من الكلسيوم الذى يذوب فى الماء (١ – ٤ ملليمكافئ/لتر) أقل تأثيرا فى معالجة عدم الرشح يكون صعبا فى حالة عدم الرشح عن استخدام ما يخفض التركيز.

المقدار المذاب من الجبس عند إضافته للماء يتوقف على درجة نعومته ولذا يجب أن يكون قطر حبيباته أقل من ٠,٢٥مم حتى يذوب سريعا، ولو أن هذا الجبس الناعم يكون عادة أكثر نقاء وهو غالى الثمن والجبس الأكثر خشونة والأقل نقاء يناسب الإضافة الأرضية.

ويقوم بعض الزراع بوضع قطع كبيرة من صخر الجبس فى مجرى الماء لتمد الماء بالكالسيوم المطلوب ومن الواضح أن مقدار الكلسيوم المذاب فى هذه الحالة يتوقف على معدل التدفق.

(١) خلط الماء الملحى مع الماء غير الملحى.
(٢) خفض SAR للماء الملحى.
(٣) وجود نظام كفء للصرف.
(٤) لا تتم عملية الغسيل بإضافة الاحتياجات الغسيلية ما لم يكون الصرف جيدا.
(٥) الحرث.

إضافة المصلحات للأرض أو للماء أو خلط مصدرين من الماء يقصد به تغيير التركيب الكيميائى للماء المستخدم فى الرى بينما الوسائل الفيزيائية تؤدى إلى تفتح التربة بالوسائل الميكانيكية.

وأكثر الوسائل الفيزيائية هى إما الحرث العادى أو الحرث العميق وكلاهما ذو أثر فعال فى تحسين الرشح غير أنه مؤقت.

ويستخدم الحرث عادة فى التخلص من الحشائش وتحسين التهوية أكثر من استخدامه لتحسين الرشح وفى حالة ما تكون مشكلة عدم الرشح شديدة فالحرث أو العزيق يبطئ تدفق الماء على سطح الأرض وبالتالى يزيد الوقت الذى يمكن أن يرشح فيه الماء خلال الأرض غير أن ذلك يحدث لأول ريه أو ريتين يعقب ذلك ظهور الحاجة إلى الحرث مرة أخرى.

وفى بعض الحالات عندما يكون بطء الرشح راجعا لانخفاض تركيز الأملاح بالماء تحرث الأرض أو تعزق قبل كل رية أو كل ريتين.

والحرث العميق أو حرث تحت التربة يحسن الرشح لمدة رية أو ريتين لأن سطح الأرض يتحول إلى حالته الأصلية غير أن هذا الإجراء ولو أنه مؤقت إلا أنه يسمح بنفاذ قدر كاف من الماء الميسور الذى يختزن فى الأرض.

ويجرى الحرث العميق عندما تكون الأرض جافة أما إذا أجرى والأرض رطبة فإنه يزيد التضاغط ويؤدى إلى نقص رشح الماء ونقص التهوية.

**إضافة المواد العضوية :**

إضافة أى مواد عضوية للأرض تحسن رشح الماء وهى عملية سهلة لمعالجة عدم الرشح غير أن الزراع كثيرا ما يستخدمون هذه المخلفات النباتية فى أغراض أخرى.

وفى جميع الأحوال والظروف يقتضى وجود نظام لرصد التحول فى التربة التى تروى بماء الصرف وفى الماء المستخدم للتعرف إلى أى تغيرات ذات أهمية والتنبوء بما يتوقع نتيجة مداومة الرى بهذا الماء بطريقة الرى المستديمة.

**ضوابط لاستخدام الماء الملحى فى الرى :**

**استخدام مصدر واحد من الماء :**

عند تواجد مصدر وحيد من الماء المنخفض الجودة واللازم للرى فإن إنتاج المحصول المزروع يتحدد بمقدار كمية الماء الذى يسقط كأمطار فى المنطقة التى تغسل الجزء العلوى من قطاع التربة وكما يتوقف على الطريقة التى تدار بها عملية الرى وبمعنى أشمل فإن عملية الغسيل سواء بمياه الأمطار أو ما يعرف باسم نسبة الغسيل (LF) والتى سبق مناقشتها ضرورية للمحافظة على مستوى مناسب من الإنتاج طوال الوقت ، وكما سبق ذكره فإن كميات الغسيل تعتمد على المحصول النامى وملحية ماء الرى وخواص الأرض والمناخ ونظام إدارة الماء للغسيل (متقطع أو موسمى).

إن ظروف الحقل والتوزيع غير المتجانس للأملاح فى الحقل يتطلب دراسة تحت الظروف المختلفة فى أزمنة مختلفة وداخل الأرض فقد أيد بعض الباحثين ان المحصول النامى يستجيب إلى ماء متوسط الملحية فى منطقة الجذور بينما أشار البعض بأن مستوى الملحية المؤثر هو الذى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار المنطقة الملحية من الجذور.

وقد ذكر Rhodes & Merill (1976) أنه يمكن ربط متوسط الملحية بمستوى نسبة الغسيل وبتركيز ماء الرى فى المعادلة :

$$EC_e = EC_{iw} [ 1 + 1 /LF ]$$

كما اقترح Bernstein & Francois أن استجابة النبات للأملاح يمكن أن ترتبط بما يعرف بمتوسط الملحية الموزون weighted mean of salinity :

$$C = EC_{iw} / (1 - LF) \ 1N /_{Lf}$$

وهذه العلاقة بشكل أو بآخر تعتمد على نظام امتصاص النبات النامى للماء فى مجموعه الجذرى فى قطاعات الأرض المتجانسة، وأحد الافتراضات الخاصة بتوزيع امتصاص الماء بقيم متتابعة بمقدار (٤٠، ٣٠، ٢٠، ١٠) % من الماء الصالح من سطح الأرض ولأسفل كل جزء من أجزاء الجذر النامى وباستخدام معادلة Rhodes & Merill ونسبة غسيل قدرها ١٥% فإن متوسط ملحية الأرض يكون:

$$EC_{1w} = \frac{EC_{sw}}{5}\left(1+\frac{1}{0.66}+\frac{1}{0.405}+\frac{1}{0235}+\frac{1}{0.15}\right) = EC_{1w} \times 518$$

وبالتالى :

$$EC_e = EC_{1w} \times 1.59$$

والنسب الغسيلية (LF) مختلفة فإنه:

عند ٠,١ $EC_e = EC_{1w} \times 2.05$

عند ٠,٢ $= EC_{1w} \times 1.33$

عند ٠,٣ $= EC_{1w} \times 1.04$

عند ٠,٤ $= EC_{1w} \times 0.87$

ويجب الإشارة إلى افتراض آخر وهو أن دالة امتصاص الماء واستفاده هى دالة أسية حيث يكون نظام الاستنفاد حوالى (٧٨، ١٤، ٤، ٣) % وعلى كل الحالات فإن النصف السفلى من القطاع يمثل قيما قليلة فى منطقة الجذور الأقل نشاطا، كما يجب الإشارة إلى أن المعادلات المذكورة والافتراضات المقترحة لا يمكن تطبيقها بصورة جيدة لكل أنماط المياه، فترسيب الجير والجبس فى الأرض أو ذوبانه قد يغير من الملحية الحقيقية لماء التربة وبالتالى يغير من العلاقات السابقة.

وقد سبق أن أوضحنا (بلـــبع وعـــطا ١٩٨٠) ضرورة إعطاء الأيون المشترك أهمية خاصة فى عمليات ترسيب أو إذابة الكلسيوم. وقد أشار بعض الباحثين بأنه بالنسبة للنبات فإن الكبريتات أقل ضررا من الكلوريدات والكلوريدات أقل من الكربونات الذائبة ومن رأى سابولش أن الضرر النسبى لهذه الأنيونات كما يلى:

| ص$_٢$ كب أ$_٤$ | : | ص يد ك أ$_٣$ | : | ص كل | : | ص$_٢$ ك أ$_٣$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | | ٣ | | ٣ | | ١٠ |

فتركيز معين من كربونات الصوديوم يسبب ضرر يعادل ثلاث مرات الضرر الناتج من الكلوريدات أو عشر مرات من الضرر الناتج من كبريتات الصوديوم، وفى دراسة لنا (بلبع وسليمان) مستخدمين نبات حشيشة السودان فى بيئة من الرمل النقى اتضح أن تأثير أملاح :

| ص كل | : | ص$_٢$ كب أ$_٤$ | : | كا كل$_٢$ |
|---|---|---|---|---|
| ١ | : | ١,٥٩ | : | ٢,٨٦ |

ويذكر برنشتاين أن الزيادة فى كلوريدات الكلسيوم (كا كل$_٢$) فى بيئة نمو الفاصوليا تزيد محتوى النبات من الكلسيوم وتخفض محتواه من البوتاسيوم وفى حالة زيادة كلوريد البوتاسيوم فى بيئة النمو يزداد محتوى النبات من البوتاسيوم ويقل محتواه فى بيئه ملحية للنمو إذا كانت أملاح كلوريد المغنسيوم أو كلوريد البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم بأى نسبة بينها هى الأملاح السائدة وذلك فى محاليل ذات ضغوط أسموزية متساوية. وهو يرى أن الصوديوم والكلورايد سامان لكثير من أشجار الفاكهة وشجيرات الزينة وينجح تحليل أوراق النبات فى التعرف على زيادة الكلوريد والصوديوم.

وقد سبق أن اقترح دونين عام ١٩٥١ ما يعرف بجهد ملحية ماء الرى $\text{Potential Salinty} = Cl + 10.5\ SO_4$ (الكلورايد + ١٠,٥ الكبريتات).

وقد شـملت دراسـة أملاح كلوريد الصـوديوم وكبريتات المغنسـيوم والصوديوم أما أيونات الكلسيوم والبيكربونات فقلما يخلان فى حساب جهد الملحية حيث أنه افترض أن هذه الأيونات تزال مع محلول الأرض بالترسيب فى صورة كربونات كلسيوم أو جبس (كبريتات كلسيوم) والحقيقة أن هذا الترسيب ليس كاملا وأن مقداره يعتمد على مكونات ماء الرى ونسبة الغسيل وضغط ثانى أكسيد الكربون.

وفى دراسة أخرى قام بها بلبع وعطا بتقويم جودة مياه مصارف محافظة البحيرة (غرب الدلتا) للرى وتم جمع عينات من ماء الصرف من ١٦ محطة صرف فى محافظة البحيرة تلقى المـاء فى البحـر المتوسـط وبحيرة أدكو أو مصارف مجمعة تنتهى فى نفس المكان.

وقد جمعت هذه المياه من شهر نوفمبر حتى سبتمبر ١٩٧٧ وقدر كل من التوصيل الكهربائى لكل عينة من الماء والتركيب الكاتيونى والأنيونى للأملاح الموجودة طبقا للطرق التى استخدمها Richard ١٩٥٤ ومن خلال نتائج تحليل المياه ثم حسـاب المدلولات القديمة المستخدمة بواسـطة نظام معـمل بحوث الأراضى الملحـية والقلـوية عام ١٩٧٤ وكذا الآراء الجديدة المقدرة بواسطة Bower, Ayers & Rhoades (١٩٧٤) .

**تأثير التسميد على تملح الأرض :**

تحتوى الأسمدة المعدنية والبلدية والمصلحات على أملاح ذائبة بتركيزات عالـية فـإذا وضعت ملاصقة للبذرة أو النبات النامى فإن السماد قد يزيد مشكلة تسمم النبات.

وكمثال إضافة ٥٠ كجم/هـ من النتروجين أى نحو ٢٤٠ كجم كبريتات الأمونيوم/هـ قد لا يسبب أى مشكلة إذا نثرت بانتظام على مساحة الهكتار غير أنها إذا وضعت مع البذور وقت الزراعة فإنها غالبا تعطل الإنبات للبادرات وقد تسبب فشل المحصول الناتج عن الملحية العالية من السماد الملاصق للبذور.

ومن أجل ذلك يجب الحرص فى وضع السماد وموعد إضافته فالبادرات حساسة للأملاح وتحتاج فى صغرها إلى القليل من التسميد.

وقليل من السماد يمكن أن يضاف بعد الزراعة والباقى يضاف مرة أو مرتين بعد طور الإنبات ولكن قبل فترة النمو الأصلية.

وإضافة السماد ذى دليل الملحية المنخفض قد يفضل اختيار السماد ذى دليل الملحية المخفض وكلما انخفض دليل الملحية للسماد كلما قل الضرر منه بإصابة النبات تحترق الأرض وتتلف البادرات أو النباتات الصغيرة والمحصول ولمقاومة الأملاح لا يتأثر وترفع مستوى خصوبة الأرض إلى مستوى أعلى من الضرورى للإمداد بالمغذيات للحصول على إنتاج جيد.

على أى حال إذا كان الإنتاج متأثرا بملحية الأرض وفقرها فى العناصر المغذية فإن تصحيح أحدهما أو كلاهما قد يحسن الإنتاج أما إذا كانت الخصوبة ملائمة وملحية الأرض عاملا محددا فتحسين الخصوبة لا يحسن الإنتاجية ولا يقوى النبات على مقاومة الأملاح.

جدول (١٧): التأثير النسبى للأسمدة المعدنية على ملحية المحلول الأرضى

| الســـــــماد | دليل التمليح |
|---|---|
| الأمونيوم | ٤٧,١ |
| نترات الأمونيوم | ١٠٤,٧ |
| نترامونيوم سيريه | ٩٦١,١ |
| كبريتات أمونيوم | ٦٩,١ |
| فوسفات الأمونيوم | ٢٦,٠ |
| كربونات الكلسيوم | ٣١,٠ |
| نترات الكلسيوم | ٥٢,٢ |
| كبريتات الكلسيوم | ٨,١ |
| أمونيوم فوسفات | ٢٩,١ |
| (كا ك أ + ك أ٢) | ١٠٥,٩ |
| السماد البلدى ٢٠% | ١٠٩,٠ |
| السماد البلدى ٣٠% | ١١٢٧ |
| محلول النتروجين ٣٧% | ٧٧,٨ |
| كلوريد البوتاسيوم ٥٠% | ١٠٩,٤ |
| كلوريد البوتاسيوم ٦٠% | ١١٦,٣ |
| نترات بوتاسيوم | ٧٣,٦ |
| كلوريد الصوديوم | ١٥٣,٨ |
| كبريتات البوتاسيوم | ٤٣,٢ |
| سوبر فوسفات ١٦% | ٧,٨ |
| سوبر فوسفات ٤٥% | ١٠,١ |
| سوبر فوسفات ٢٠% | ٧,٨ |
| يوريا | ٤٥,٤ |

Ayers & Weste *et al.*

– أرقام دليل التملح الموضحة للأسمدة باعتبار إضافتها بكميات متساوية تعتبر دليل سماد نترات الصوديوم ١٠٠ والقيم الأخرى منسوبة إلى هذا الرقم.

## الماء الجوفى فى الساحل الشمالى الغربى :

قام (بلبع والجبلى) بتحليل مياه ١٥٠ بئرا فى الساحل الشمالى الغربى وقد أشارا إلى أن صلاحية الماء للرى يحددها الآتى :

### ١- خواص الأرض :

أراضى المنطقة جميعها غنية فى كربونات الكلسيوم فالماء الملحى يذيب الكربونات ويذيب جزءا من كا ك أ٣ الأرضية مما يزيد الكلسيوم فى المحلول الأرضى وبذا تصبح الأرض أكثر قدرة على مقاومة التأثير الضار للماء الملحى، كما أن هذه الأراضى تحتوى جبسا الذى يذوب فى الماء معطيا أيونات كلسيوم والنباتات تقاوم الآثار الضارة للصوديوم فى وجود أيونات الكلسيوم.

### ٢- الظروف الزراعية :

اعتاد زراع الحدائق بالمنطقة على الرى بالصفيحة (لكل شجرة زيتون) وتروى الأشجار من ماء الآبار خلال الصيف فقط أما فى الشتاء فتعتمد الأشجار على ماء الأمطار وقد لا تروى الأشجار الكبيرة حتى فى الصيف.
فاختيار موقع الحديقة فى المواقع المغلقة (المحاطة بالمرتفعات) يجعلها تستقبل ماء المطر وماء السيول مما يغسل الأملاح التى قد تتجمع من الرى بالماء الملحى.

### ٣- حالة الماء فى البئر :

التحليل الكيميائى لعينة ماء البئر هى مجرد إشارة إلى مدى صلاحية هذا الماء للرى فى الوقت الذى أخذت فيه العينة والتغيرات الموسمية فى تركيز الأملاح فى ماء البئر تحدث عادة، كما أن استنزاف ماء البئر يزيد تركيز الأملاح فى مائه.

**خزان الماء الجوفي في فوكه :**

اكتشف خزان الماء الجوفي في فوكه ١٩٤١ والحوض جيرى فوق طبقة مستمرة من الطين وكلا الطبقتين في حوض طويل جدا ويغطى الحجر الجيرى بطبقة من الطين في جزء من الحوض.

واختلطت رواسب الوادى مع بعضها لتكون أرضا في الحوض، وقام بلبع والجبلي بإجراء حصر تصنيفي لمساحات بالمنطقة غربا حتى أم الرخم غربي مطروح.

**أراضي الضـــبعة :**

قطاع الأرض عميق بصفة عامة بدون طبقات غير منفذة حتى عمق ١٥٠ سم من سطح الأرض ، وقوام الأرض في القسم من المساحة من شريط السكة الحديدية حتى البحر عموما رملي طميي غني بكربونات الكلسيوم.

وقسم صغير منها يحتوى حصى لوحظ خلال بعض القطاعات، وفي المساحة الممتدة من جنوب غرب الضبعه يكون قوام الأرض رمليا محتويا بعض الطمي وفي بعض الحالات يوجد رمل خشن سايب.

والمساحة بين فوكه والضبعه تحتوى منطقتين مميزتين (سوجريا) ١٩٦٥ ، والمنطقة الشمالية تتضمن تلالا وأراضي منخفضة تغطى نحو ٦٠ ألف هــكتار من الأرض في المنخفض.

والأراضي ذات قطاع عميق دون أى طبقات غير منفذة حتى عمق ١٥٠ سم، والأرض طميية رملية ، والأراضي غنية بكربونات الكلسيوم.

وقد أوضحت بعض القطاعات التي تم فحصها وجود رطوبة في باطنها، ولهذه الصفة أهمية بالنسبة للأشجار التي تنمو لأنها سوف تقاوم العطن.

**خلط مصادر الماء :**

إذا كان الماء المناسب موجودا ولكنه غير كاف فإن مخلوطا من المياه قد يوفر حلا بتحسين جودته وخفض التسمم بالصوديوم المدمص فمن المعروف أن نسبة الكاتيونات الأحادية (ص) والثنائية (كا) المدمصة على سطوح الأرض أغلبها من الكاتيونات الثنائية المدمصة كا ، مغ وليس الأحادية Na.

وإذا وجد ماء ذو صفات جيدة وكذا ماء بئر أقل جودة وإذا كانت كمية الماء المتاحة غير كافية.

فتحت هذه الظروف يمكن التفكير فى خلط الماء محدود الجودة مع الماء الجيد للحصول على مخلوط ذى جودة كافية وبذا يمكن رى مساحة أكبر بماء مقبول الجودة.

ونوجه النظر إلى أن الخلط لا يقلل محتوى الماء من الملح ولكن نوفر مساحة أوسع للمحصول نتيجة زيادة حجم الماء بالتخفيف ونطبق جدول صلاحية الماء لتقدير جودة المخلوط.

كما يجب أن يلاحظ أن الاحتياجات الغسيلية يجب ألا تزيد فى كميتها عن الماء المخلوط ، ويمكن حساب جودة الماء المخلوط باستخدام المعادلة التالية :

تركيز الماء المخلوط =

(تركيز الماء الجيد a × نسبة الماء الجيد a)+(تركيز الماء غير الجيد b × نسبة الماء غير الجيد b)

ويمكن التعبير عن التركيز إما $EC_w$ أو ملليمكافئ/لتر .

وخلط الماء من مصادر مختلفة للتغلب على مشكلة الملحية لا يتبع كثيرا فأغلب الزراع يبادلون مصدرا مع آخر وهذا التبادل قد يكون مفيداً خصوصا فى المواقع التى يكون فيها مطر الشتاء أو ماء الرى فى الشتاء يستخدم لمواجهة كل أو أغلب الاحتياجات الغسيلية.

وبالنســـبة إلـــى أن محـــتوى المـــاء من الأملاح يظل ثابتا فقد يكون من الأفضـــل أن يستخدم الماء الجيد فى أوائل موسم النمو والماء غير الجيد فى آخر موسم النمو حيث يكون النبات أكثر احتمالا للأملاح.

**مثال توضيحى لخلط الماء من مصدرين :**

يوجد مصدران من الماء لكنهما ليسا كافيين أو أن جودتهما قليلة قد يحل الخلـــط المشـــكلة فتحسن الجودة بصفة عامة وتقل الأضرار المحتملة والخلط ذو تأثـــير هـــام بالنسبة للصوديوم فنسب الكاتيونات الأحادية (Na) والثنائية (Ca) المدمصـــة علـــى سطوح الأرض تعتمد على التركيز فمع التخفيف يتحسن نسبة الكاتيونات الثنائية على حساب الأحادية.

وكمـــا ســـبق أن ذكر أن قيمة SAR = ١٢ أو أكثر قد يؤدى إلى خفض معدل رشح الماء خلال الأرض عندما تكون ملحية الماء شديدة الانخفاض $EC_w$ وقـــيمة SAR = أو تقل عن ١,٢ ds/m ، ويمكن زيادة الرشح إما بزيادة ملحية الماء أو خفض SAR.

والتخفـــيف يخفـــض SAR وذلك لأن معادلة SAR فيها البسط تنخفض نسبته مع التخفيف وبشكل أكبر من المقام (G + Mg) لأن المقام ينخفض بالجذر التربيعى للتخفيف.

**مثـــــال :**

يوجـــد ماء قناة لكنه لا يكفى حاجة المحصول يمكن خلط ماء القناة بماء أقل جودة من ماء البئر (أو المصرف) بنسبة ٧٥% ماء القناة و ٢٥% ماء البئر وقيمة SAR للماء المخلوط.

تحليل ماء القناة :

| SAR | $HCO_3$ | Na | Mg | Ca | $EC_w$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ٠,٥ | ١,٨ | ٠,٤٨ | ٠,٥٤ | ١,٤١ | ٠,٢٣ |

تحليل ماء البئر :

| SAR | $HCO_3$ | Na | Mg | Ca | $EC_w$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ١٨,٠ | ٤,٥ | ٠,٣٢ | ٤,٠ | ٢,٥٢ | ٣,٦ |

ومن استخدام المعادلة التالية :

(ملليمكافئ الماء a × نسبة الماء a)+(ملليمكافئ الماء b × نسبة الماء b) = ملليمكافئ المخلوط

يكون :

Ca = (١,٤ × ٠,٧٥) + (٢,٥٢ × ٠,٢٥) = ١,٦٩ ملليمكافئ/لتر ماء المخلوط

Mg = (٠,٥٤ × ٠,٧٥) + (٠,٤ × ٠,٢٥) = ١,٤ ملليمكافئ/لتر ماء المخلوط

Na = (٠,٤٨ × ٠,٧٥) + (٠,٣٢ × ٠,٢٥) = ٨,٣٦ ملليمكافئ/لتر ماء المخلوط

$HCO_3$ = (١,٨ × ٠,٧٥)+(٤,٥ × ٠,٢٥٩) = ٢,٤٨ ملليمكافئ/لترماء المخلوط

$EC_w$ =(٠,٢٣×٠,٧٥)+(٣,٦×٠,٢٥)=٢,٤٨ ds/m ملليمكافئ/لترماء المخلوط

$$SAR = \frac{8.36}{\frac{\sqrt{1.69+1.4}}{2}} = 61.7 \therefore$$

$$SAR = \frac{8.36}{\frac{\sqrt{1.69+1.4}}{2}} = 6.7$$

وفى حالة تواجد ماء ذى جودة عالية لإستخدام الماء ذى SAR عالية وإذا كـــان المـــاء الجـــيد كافـــيا للمســـاحة المراد ريها فلا توجد فائدة من خلط ماء المصدرين.

فخلط ماء ذى جودة منخفضة مع ماء جيد يسمح بزيادة المساحة المروية فيزيد الإنتاج ويزيد الزراعة.

وخلط الماء ليس إجراء شائع حتى فى وجود مصدرين من الماء أحدهما ذو جودة منخفضة كثيرا عن الآخر.

وفى جميع الحالات الممكنة فالماء ذو SAR مرتفعة يجب تخفيفه ليعالج مشكلة عدم رشح الماء ، وفى هذه الحالة يمكن استخدام مصلحات إضافية.

**خلط الماء من مصادر مختلفة :**

ولو أن خلط الماء أمر بسيط إلا أنه حل صعب بالنسبة لمشكلة جودة الماء ويحـدث ذلك إذا أنتج ماء ذو جودة متاح وماء آخر يصبح متاحا يمكنه أن يحل محله فلا يترك الماء إذا وجد ماء ذو جودة عالية يصبح متاحا.

وتحـت هـذه الظـروف وإذا استمرت الحاجة على مزيد من الماء يبدأ التفكير فى خلط الماء الأقل جودة مع الماء الجيد وبالمثال يزيد المقدار الكلى للماء المقبول والمتاح ويحـدث الخلط بين الماء الأقل جودة مع الماء الجيد وهذا لا يخفض مقـدار الملح الكلى ولكنه قد يزيد مقدار الماء المتاح لاستزراع مساحة أوسع بالمحصـول المطلوب ويمكن استخدام ماء جيد ذو ملحية مساوية لملحية الماء المخلوط الناتج من حساب مقدار الزيادة فى الماء حتى لا تتجمع الأملاح فى الأرض.

**الإحتياطات الغسيلية للتحكم فى تملح الأرض المروية بماء ملحى :**

واستخدام المياه الملحية فى الرى يحتاج إلى بعض الاحتياطات التقنية التى يجب اتخاذها وإلا أدى استخدام المياه إلى تلف الأرض ونقص إنتاجها، ذلك لأن :

- الأرض المروية بماء ملحى سوف يزيد تركيز الأملاح بها لدرجة معينة تتوقف على تركيز الأملاح بالماء المستخدم مع افتراض أن الاحتياجات الغسيلية تضاف للأرض مع وجود نظام جيد للصرف.
- وملحية الأرض $EC_e$ لعينة مشبعة من الأرض بعد ريها بماء ملحى يمكن التعرف إليها تقريبيا كما ذكر Ayers بأنها تعادل ١,٥ مرة ملحية الماء المستخدم.

- إذا أردنا استخدام ماء ملحى فإنه يجب اختيار المحاصيل الملائمة لمستوى ملحية الأرض المتوقع واختيار محاصيل أكثر تحملا للأملاح ويحتاج إلى كميات أقل من الماء اللازم لتجنب تراكم الأملاح بالأرض أى استعمال الاحتياجات الغسيلية ( أغ ).

ويوجد حسابات أخرى أو اعتبارات اقتصادية تتيح استخدام مياه عالية الملحية بالارتباط مع المصادر الأخرى جيدة الماء ومتاحة:

**١- الاختيار الأول (مزج مصادر مياه الرى) :**

ويقصد به خلط مصادر الرى لتخفيف ملحية الماء ويتم تخفيف ملحية الماء بطريقتين :

أ- شبكة التخفيف Net dilution : وفيها يتم مزج مصدرين من الماء لهما جودة مختلفة لتكوين ماء ذى جودة مناسبة ولتطبيق تقنية شبكة التخفيف لتكوين ماء ذى جودة صالحة لظروف كل منطقة (مناخية والأرض والمحصول) وليصبح مصدر الماء الناتج ذا صلاحية متوسطة تتبع فيه نفس القواعد لإدارة مصدر وحيد من الماء.

ب- فكرة مزج أو خلط الماء يقصد بها عادة زيادة المقدار المتاح من الماء للاستخدام الزراعى، وعموما فإنه فى بعض الحالات يخلط الماء كوسيلة مؤقته للتخلص من ماء الصرف أو كوسيلة لتحسين إدارة مصدر الماء الداخل والخارج من النظام (كما فى كاليفورنيا).

**٢- الاختيار الثانى (طريقة التخفيف الدورى أو الدائرى) :**

الطريقة الدائرية لاستخدام مصادر متعددة من الماء الملحى ذى الجودة المختلفة اقترحها رودس Rodes وتتلخص فى إدارة استخدام الماء الملحى أثناء موسم النمو وفقا لمراحل النمو الحرجة للنبات. وقد اقترح أن المـــاء غير الملحى

يمكن استخدامه قبل الانبات وفى الرى المبكر للحاصلات الحساسة أما الحاصلات التى تتحمل الأملاح فتروى بماء ملحى بعد فترة الانبات. على أن تستبدل بماء جيد فى مراحل النمو الحساسة للأملاح.

والمحاصيل التى تتحمل الأملاح والتى تروى بماء ملحى يمكن أن تروى فى مراحل متأخرة بمياه جيدة تستخدم لاستصلاح الجزء العلوى من قطاع الأرض لتهيئة وسط مناسب للمحاصيل متوسطة التحمل أو الحساسة التى يمكن أن تزرع فى الدورة الثانية وهذا بدوره يشجع امتداد جذور النباتات القائمة فى المراحل المتبقية من متوسط النمو.

فإن الاستخدام الدورى للماء المرتفع الجودة والماء الملحى يمكن تكراره عاما بعد آخر، وبافتراض أنه يمكن المحافظة على الميزان الملحى وعدم تراكم العناصر السامة وأنه يمكن المحافظة على الخواص الفيزيائية للأرض من ناحية الحرث والنفاذية لمدة طويلة.

فى دراسة مكثفة فى وادى Imperial بكاليفورنيا قام رودس وآخرون ١٩٨٨ بإجراء مجموعة من التجارب الحقلية لاختيار تطبيق النظام الدورى على نمطين من الزراعة المحصولية أحدهما يتكون من القمح وبنجر السكر والبطيخ فى دورة لمدة عامين استخدموا فيها مياه نهر كلورادو (٩٠٠مجم/لتر) لرى البطيخ مع الرى المبكر وقبل زراعة القمح وبنجر السكر ثم استخدموا ماء الصرف (٣٥٠٠ مجم/لتر) لكل الفترة الباقية من النمو وقد وجد الباحثون أن ماء الصرف الذى أضيف ٧٥% من الاحتياجات المائية لم يخفض المحصول بالنسبة لأى من المحاصيل الثلاثة وحتى بعد دورتين زراعيتين كاملتين، أما النمط الباقى المستخدم والذى تم اختياره فيتكون من الزراعة المتبادلة من القمح بالقطن لمدة عامين بينهما عام من الموسم الجارى واستخدم فيها ماء الصرف فقط (بعد فترة ظهور البادرات) وقد وجدوا كذلك أن ماء الصرف لم يخفض المحصول.

واستخدم Ayers وآخــرون ١٩٨٦ طريقة أخرى للرى الدائرى تحت نظام الرى بالتنقــيط بدلا من الرى السطحى. فقد استخدموا ماء الصرف الملحى (٨ ds/m) لمدة ٣ سنوات لرى القطن بنظام التنقيط بعد فترة البادرة ثم روى محصول القمح النامى بماء جيد (أقل من ٠,٥ ds/m) ثم تبع القمح زراعة بنجر السكر وتم ريه مرة أخرى بماء ملحى بعد فترة البادرة وقد وجد أن الغلة الناتجة من المحصول لم تفرق بين المعاملات المروية بماء الصرف وتلك المروية بماء جيد فقط.

طور Gratlan وآخرون ١٩٨٧ نظام الرى الدورى لإختبار هل ماء الصرف يمكن أن يستخدم مباشرة لرى المحاصيل المتوسطة والحساسة للأملاح بعد وصولها لمرحلة من النمو تتحمل فيها الأملاح وقد وجد إمكانية ذلك حين سجل أن الماء الملحى فى مرحلة معينة يسبب تحسينا فى كفاءة الثمار كما وجد أن ماء الصرف الملحى (٨ ds/m مع رقم ٦مجم بورون/لتر) المضاف بعد ظهور الزهرة الأولى فى البطيخ أو فى الطماطم المستخدمة فى التصنيع لم يخفض المحصول الناتج وقد وجد أن ماء الصرف الذى استخدم بمقدار ٦٥% من الاحتياجات المائية قد حسن فعلا كفاءة الثمار.

قام Shceenan وآخرون ١٩٨٧ بإجراء تجربة حقلية لإختبار إمكانية استخدام النمط الدورى لفترة طويلة وذلك بعمل دورة محصولية تتكون من عامين من القطن ثم عام من الطماطم والبطيخ واستخدام أسلوبين لنظام الرى الدورى :

١- عام من الرى بماء الصرف (٧,٣ ds/m إلى ٧,٧ ds/m مع ٥ مجم بورون/لتر) أضيف الماء إلى نبات الطماطم المزروع بعد ظهور الزهرة الأولى تبعها عامان من ماء رى جيد حتى محصول القطن الثانى.

٢- أضيف ماء الصرف إلى الطماطم ومحصول القطن بعد ريه بماء جيد ، وفى كل الحالات لم ينخفض إنتاج المحصول أو طول تيلة القطن أو ثمار الطماطم

تحت المعاملات التجريبية لمدة عام أو اثنين أو ٣ أو ٤ إلا أن في العام الخامس انخفض محصول الطماطم فقط.

وبالنسبة للأرض فإن الرى بالماء الجيد يزيل كميات كبيرة من الأملاح والبورون حتى عمق ٦٠سم من الأرض والرى لعدة سنوات سابقة بماء الصرف وفى الأعماق أبعد من ٦٠سم لأن الأملاح والبورون تتزايد مع الرى والرش فى معظم المعاملات التى سبقته.

وفى الأرض جيدة الصرف فإن ملحية القطاع الأرضى يمكن أن تتغير سريعا عن الأرض ذات نفاذية الماء المنخفضة لأن ضعف نفاذية الماء تقلل من كفاءة غسيل كثير من الأملاح من الجزء العلوى إلى الجزء السفلى من القطاع الأرضى وهذا يؤثر على نمو جذور النبات وفى مثل هذه الحالة فإن المحاصيل الحساسة والمتوسطة التى تلى المحاصيل المحتملة للأملاح والمروية سابقا بماء ملحى قد تتأثر نتيجة لذلك.

**مقارنة بين نظام الخلط والنظام الدائرى :**

يعتمد قبول أى من الاختبارات السابقة لاستخدام الماء فى الرى على تركيز الأملاح فى مصادر ماء الرى المختلفة كما تعتمد على المقاومة النسبية للمحاصيل فى مراحل النمو المختلفة وحساسية كل محصول وخواص الأرض فيما يتعلق بتركيب الماء (الظروف الصودية) واحتمالات الغسيل وتصميم أو نظم صلاحية معدات الرى وتكلفتها.

ويقترح خلط مياه الرى كطريقة لزيادة كمية الماء الموجودة والصالحة للزراعة والذى يكون عادة ميسورا عندما يكون تركيز الماء الملحى أقل من ١٥٠٠ مجم/لتر من الذائبات الصلبة الكلية (DS) إلا أن خلط الماء مرتفع الملحية قد يقلل من فرصة النبات للاستخدام الكامل لجـــزء الماء الجيد من الماء المخلوط

ويوضح ذلك المثال الآتى عن إمكانية الخلط من أن يخفض الماء القابل للاستخدام بواسطة النبات بفرض أن مزارع ينتج الفاصوليا beans ولا يوجد لديه كميات كافية من الماء الجيد الذى يقابل احتياجات المحصول ويفرض أن الماء الملحى الوحيد المتاح تركيزه نصف تركيز ماء البحر فلو خلط لتر واحد من الماء الملحى مع لتر واحد من الماء الجيد فإن النتيجة هى عدم استخدام هذا الماء طالما أن نبات الفاصوليا لا يمكن أن يتحمل ماء يحتوى ٢٥% من تركيز أملاح ماء البحر.

ونشير إلى ما تقرر بشأن خلط ماء الصرف مع ماء النيل (خلط ماء مصرف حادوس بماء فرع دمياط) ونقل هذا الماء المخلوط فى ترعة السلام لتوصيل (المخلوط) إلى شمال سيناء وجنوب بور سعيد بغرض زيادة كمية الماء الصالح لرى مساحات جديدة، وتعطى عملية الخلط مخلوطا من الماء له توصيل كهربائى أعلى من الماء العذب (ماء النيل).

فبالرغم من زيادة كمية الماء نتيجة الخلط إلا ان كمية الماء لكل وحدة مروية قد يقتضى زيادتها فالمساحة المروية بالماء المخلوط قد لا تزيد بنفس معدل زيادة الخلط ويتدخل فى ذلك نوع المحصول المراد زراعته كما أن الماء المخلوط له قيم SAR و adj SAR وكربونات متبقية أعلى من الماء العذب وتتوقف أهمية التغير فى ماء الرى عن عملية الخلط على عدة عوامل :

أ) الصفات الأساسية لكل من الماء العذب والمياه الملحية.

ب) كمية الماء من كل من المصدرين أو نسبة المزج بينهما.

ج) المحصول المراد زراعته.

هذا بالإضافة إلى بعض المواصفات اللازمة عند استخدام الماء الملحى للرى.

**مشكلة ملحـــية الماء :**

تتواجد مشكلة ملحية الماء إذا تجمعت الأملاح فى منطقة جذور النبات حتى يصل تركيزها إلى ما يسبب نقصا فى المحصول وفى المساحات المروية ، وتنشأ هذه الأملاح غالبا من مستوى أرضى مرتفع أو من أملاح فى ماء الرى.

والأملاح التى تتسبب فى مشكلة الملحية هى أملاح ذائبة فى الماء وتنقل معه وتتجمع من ريات سابقة إلى أسفل منطقة الجذور، والغســيل هو الوسيلة للتحكم فى مشكلة الملحية المرتبطة بجودة الماء ومحتوى الأملاح فى منطقة الجذور تختلف باختلاف العمق ويزداد تركيز الأملاح بزيادة العمق لأن النباتات تمتص الماء تاركة الأملاح فى حجم صغير من المحلول الأرضى.

وكل رية تالية (تغسل) الأملاح إلى منطقة أعمق حيث تتجمع حتى يتم غسيلها وطبقات الجذور الأعمق تتوقف على الغسيل الذى تم.

**مصادر الماء محدود الجودة فى مصر :**

المصدر الأساسى للماء فى مصر هو النيل وطبقا للاتفاق مع السودان عام ١٩٨٧ فمن حق مصر استخدام ٥٥,٥ مليار م$^{٣}$ من ماء النيل.

وماء النيل الذى لم يصرف فيه ماء الصرف الزراعى أو الصناعى أو الصحى يعتبر ماء جيد، وتركيز الأملاح فيه لا يزيد عن ١٥٠ جزء/١ مليون.

غير أن ماء النيل يستقبل ماء الصرف الزراعى فى الوجه القبلى، إذ لا يوجد بالوجه القبلى نظام للتخلص من ماء الصرف الزراعى، أما فى الوجه البحرى ولو أن النيل نفسه يستقبل مباشرة ماء الصرف الزراعى للنصف الشمالى من الوجه القبلى حيث يصرف فى النيل ماء صرف صناعى من بعض الصناعات بالمناطق الصناعية.

وتركيز الأملاح فى ماء النيل بالوجه البحرى أعلى منها فى ماء الوجه القبلى ويعتبر تركيز ٥٠٠ – ١٠٠٠ جزء/مليون تركيزا واسع الانتشار وكما أن ماء بعض القنوات التى يغذيها النيل بمائه تستقبل بعضها ماء الصرف الزراعى ويستعمل الماء المخلوط فى الرى فى عدة مواقع.

وتنشأ بعض مشروعات الرى على أساس أن ماءها مخلوط بماء الصرف الزراعى وأوضح مثل لهذه المشروعات ترعة السلام التى تأخذ ماءها من النيل قرب دمياط وتعبر أسفل قناة السويس ثم تتجه إلى شمال سيناء حتى العريش.

كما أن ترعة النوبارية فى الصحراء الغربية تختلط بماء مصرف العموم فى جزئها الشمالى ، ولما كانت المساحة التى يراد ريها من ترعة السلام فى سيناء تصل إلى نحو ٤٠٠ ألف فدان، ولا يكفى ماء النيل منفردا للوفاء بهذا القدر من الماء قامت وزارة الرى (الموارد المائية والرى) بخلط ماء النيل بماء مصرف حادوس وتركيز الأملاح فيهما حوالى ١٠٠٠ جزء/مليون وبنسبة خلط ١ : ١ ويكون ماء قناة السلام ذات تركيز نحو ٥٠٠ جزء/مليون.

ومصرف بحر البقر الذى يغذى قناة السلام ويحتوى ماء الصرف الصحى القادم من القاهرة ليصب فى بحيرة المنزلة ويعتبر هذا الماء ملوثا وذا أهمية كبيرة قد يعوق استخدام ماء قناة السلام فى الزراعة أو الشرب.

ومصارف شمال الوجه البحرى بصفة عامة تحتوى ماء يرتفع فيه تركيز الأملاح نتيجة لأن أراضى هذه المنطقة – شمال الوجه البحرى – كانت أراضى ملحية قبل استصلاحها ولذا فماء الصرف فى المنطقة يحتوى تركيزات مرتفعة نسبيا من الأملاح ولو أن زراع هذه المناطق يستخدمون ماء الصرف أو ماء الصرف المخلوط بماء النيل فى الرى.

ومن مصادر الماء فى مصر الماء الجوفى الذى يقدر بنحو ٢,٥ مليار م$^{3}$ ويعتبر الماء الجوفى فى المنطقة الشمالية – ٦٠ كم من ساحل البحر – من محافظات البحيرة وكفر الشيخ والدقهلية لا يصلح للرى إذ يحتوى تركيزات أعلى من التركيزات المقبولة للرى أو الشرب.

وتقل جودة هذا الماء الجوفى كلما اتجهنا شمالا إذ يتأثر هذا الماء بتداخل ماء البحر والبحيرات ويحتوى تركيزات عالية من الأملاح.

والماء الجوفى فى الصحراء الغربية يعتبر مصدرها فى الأراضى حديثة الاستزراع بهذه المنطقة الذى يبدأ من جنوب منخفض القطارة متجها جنوب وادى النطرون.

واستخدام الماء الجوفى أو ماء الصرف الزراعى غير المخلوط بالصرف الصناعى أو الصرف الصحى ويستلزم إضافة الاحتياجات الغسيلية حتى لا تتجمع الأملاح فى الأراضى الزراعية أو أراضى المشروعات التى سوف تستقبل ماءا مخلوطا من ماء النيل مع ماء الصرف الزراعى.

**تلوث الماء بماء الصرف الصناعى والصرف الصحى :**

يمكن أن يقال إن الريف المصرى خال من وسائل الصرف الصحى إذ لا يوجد نظام عام للصرف الصحى بل يتم هذا الصرف فى آبار، وبإدخال الماء النقى إلى المنازل الريفية فى السنوات العشرين الأخيرة زاد استخدام الماء وفاضت هذه الآبار لتغرق الطرق والأدوار السفلى من المنازل وتصدعت بعض المنازل نتيجة ارتفاع مستوى ماء الصرف الصحى أسفلها.

ونوجه النظر إلى جهـــود رســـمية تعمل لمعالجة مشـــكلة التلوث بصفة عامة مستعينا فى ذلك بعدد من المنح الدولية وقد أشار مدير التعمير والمجتمعات

الجديدة إلى أن الصرف الصحى يغطى حاليا نحو ٣٠% من قرى الجمهورية.

وقد تم تنفيذ قوانين وتشريعات فى مصر للحد من تلوث البيئة (الهواء – الماء – الأرض) الذى يهدد تهديدا خطيرا جودة مصادر الماء والصحة العامة بمصر ومن هذه التشريعات :

١- قرار جمهورى رقم ٨١٤ لسنة ١٩٦٩ بإنشاء اللجنة العليا لحماية الهواء من التلوث.

٢- قرار وزير الصحة رقم ٤٧ لسنة ١٩٧٠ لتحديد النسب التى لا يجوز أن يتعداها التلوث داخل أجواء العمل وفى الجو العام الخارجى من غازات وأبخرة.

٣- قرار وزير الصحة رقم ٢٤٠ لسنة ١٩٧٩ بإضافة منسوب التلوث السنوى فى الجو العام الخارجى من غاز ثانى أكسيد الكربون.

٤- اتفاقية برشلونة سنة ١٩٧٦ لحماية البحر المتوسط.

٥- القانون رقم ٧٢ لسنة ١٩٦٨ لمنع تلوث البحر بالبترول.

٦- القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ لحماية نهر النيل والمجارى المائية من التلوث ليحل محل سلسلة من التشريعات من سنة ١٩٤٨.

٧- قرار وزير العدل رقم ٤٢٦٧ لسنة ١٩٨٢ بتخويل مهندسى الرى صفة الضبطية القضائية.

٨- قرار وزير الرى رقم ١٠ لسنة ١٩٨٢ بتشكيل لجنة لوضع لائحة للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢.

٩- قرار وزير الرى رقم ٨ لسنة ١٩٨٣ باللائحة التنفيذية للقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢.

١٠- قرار وزير الرى سنة ١٩٨٢ بتشكيل لجنة عليا للنيل.

١١- قرار وزير الرى رقم ١٨٨ بتشكيل لجنة فرعية لمتابعة تنفيذ القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢.

١٢- قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٤٧٦ لسنة ١٩٨٥ بتشكيل لجنة تنفيذية لحماية نهر النيل من مخلفات الصرف الصناعى.

١٣- قرار وزير الرى رقم ٤٣ لسنة ١٩٨٥ بوضع ضوابط ومعايير فى الصرف إلى المجارى المائية من العائمات السياحية ووحدات النقل النهرى.

١٤- قانون البيئة الصادر ١٩٩٤.

**تلوث المـــاء فى مصر :**

تلوث الماء بمصادره المختلفة (ماء المطر - الماء السطحى - الماء الجوفى) الذى يحدث داخل مصر مماثل للتلوث الذى يحدث خارجها.

فماء القنوات معرض لما يتساقط عليه من غازات عوادم السيارات المحمل بالرصاص وما يطلق فيه من صرف المصانع والمزارع المختلفة.

وقد وصل تلوث ماء النيل حدا غير مقبول مما دعا أحد الزملاء ليطلق صيحة فى إحدى الندوات (نهر النيل فى خطر) وهو يرى أن ما يطلق فى النيل أو قنواته من ملوثات تهدد صلاحية ماء هذا المصدر الأساسى للماء فى مصر، إذ يطلق فى ماء النيل ماء صرف عشرات المصانع على مدى أميال كثيرة من الصعيد حتى الإسكندرية كما يطلق فيه ماء الصرف الصحى دون معالجة بل تصرف فيه كميات كبيرة من قمامة المدن والحيوانات النافقة ويخلط ماء الصرف الزراعى بماء النيل لاستخدام المخلوط فى رى مساحات التوسع الزراعى فى سيناء والصحراء الغربية ولو أن المسئولين فى وزارة الرى يؤكدون أن خلط هذا الماء مشروط بأن ماء الصرف الصحى لا يخلط بماء الصرف الزراعى ولو أننا يجب ألا ننسى أن ماء الصرف الصناعى ملوث بالكيماويات بما يستخدم من مبيدات الآفات.

وللصرف الصناعى دور هام فى تلوث ماء النيل والقنوات الرئيسية فى منطقة حلوان الصناعية حيث يوجد ٣٢ مصنعا للحديد والصلب والأسمنت وفحم الكوك وغيرها وقد أجريت تقديرات على ماء النيل إذ أوضح (عبد العال وزملاؤه) سنة ١٩٨٨ أن تركيزات الحديد والمنجنيز والزنك فى ماء قنوات الرى تعادل ٤ – ٧ أضعافها فى الماء غير الملوث، وكذا احتوى مجرى النيل نفسه بهذه المنطقة على تركيزات من هذه العناصر يعادل نحو ٤ مرات تركيزها فى الماء غير الملوث وقد امتدت هذه الدراسة إلى تقدير محتوى الماء الجوفى من هذه العناصر واتضح أنها ملوثة بشدة فى المنطقة المجاورة للمصانع، كما اتضح وجود تركيزات عالية من الرصاص تصل إلى ٦٠٠ ميكروجرام/لتر من ماء الصرف حيث توجد مصانع الأسمدة بهذه المنطقة.

ولماء الصرف الصحى دور هام فى تلوث المياه الشاطئية للسواحل المصرية الشمالية وهذا الماء مع البترول الموجود بعوادم ناقلات البترول (مياه الصابورة) إضافة إلى ما تلقيه السفن من مخلفات ونفايات إلى البحر كما أوضحت دراستنا (بلبع وعطا) أن ماء الصرف من مختلف المصانع بضواحى الإسكندرية قد تسبب فى رفع تركيزات بعض العناصر الثقيلة السامة عن التركيزات الموجودة فى الماء الملوث ، كما أوضح شلبى أن ارتفاع تركيز الرصاص فى ماء صرف المصانع يصل إلى ١٤٢–١٦٢ ميكرو جرام/لتر، مما أدى إلى احتواء ماء البحر المتوسط قرب شواطئ الإسكندرية ورواسب قاعه والسمك أيضا خصوصا فى منطقة قريبة من مصنع للكيماويات على تركيزات من الزئبق كما قدر مصطفى وشلبى تركيزات الزئبق فى الأرض والماء والهواء.

**تدهور المياه السطحية فى جمهورية اليمن الديمقراطية :**

تدهور جودة الماء نتيجة تتابع الرى وإعادة استخدام الماء لمصدر ماء واحد للرى يظهر بوضوح فى اليمن.

والمجرى العلوى للنهر ذو ماء جيد $EC_w$ = ٠,٥ ds/m و SAR : ١ وأغلبها محول لرى أراضى الوادى قريبا من المجرى وجميع ماء الصرف سواء من الماء الجوفى والماء السطحى لا يعاد إلى المجرى لإعادة استخدامها فى رى الأراضى أسفل المنحدر غير أن حجمها أقل، وكذا ذات جودة أقل لزيادة صلاحيتها. ويحول جميع ماء المطر وماء الانجراف من المرتفعات الصخرية المحيطة تقريبا إلى المساطب أعلى الوادى ، ولا يصل ماء انجراف سطحى إلى الوادى ما عدا فى الفترات القليلة التى يسقط فيها المطر بمعدل ٣٠٠ – ٤٠٠ مم/ثانية إلى ١٥ – ٣٠ مم/ثانية ، وترتفع الملحية من ٠,٥ ds/m إلى ٧,٠ ds/m.

والنظام المحصولى بالنسبة للحاصلات المروية يتغير على طول الوادى مع ارتفاع الملحية، فالبقول ذات الحساسية النسبية للأملاح والذرة والطماطم يترك مكانها للحاصلات الأكثر احتمالا من السورجوم وأخيرا يعتمد على نظام الرى spate للذرة باستخدام ماء الانجراف من الهضبة الصخرية المجاورة ، ويمكن ملاحظة نظام التدهور المشابه فى أنهار أخرى.

**مشاكل أخرى للماء فى بعض الدول العربية والأفريقية :**

للمـــاء مشـــاكل أخرى غير احتوائه على الأملاح التى تخـــفض إنتاج الحاصلات غير المقاومة ومن هذه المشاكل :

ترسيب كربونات الكالسيوم الذى يمكن أن يسد تجهيزات نظام الرى بالرش أو التنقيط وأحد وسائل العلاج لهذه المشكلة هو إذابة كربونات الكلسيوم ويتم ذلك بإضافة حامض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك فى نظام الرى عدة مرات كما يمكن إضافة الحامض بشكل مستمر إذا كانت المشكلات شديدة ولو أن هذه المعالجة مكلفة وصعبة فضلا عن أن الحامض ضار بالأيدي.

وينصح Ayers أن يضاف الحامض بمعدل يحفظ رقم pH قريبا من ولكن ليس أقل من ٦,٥ pH.

وأيضا استخدام مسحوق الكبريت وثانى أكسيد الكربون فى الماء برش الماء الذى يكون مع كب أ٢ حامض كبريتيك يقوم بعملية إذابة كربونات الكلسيوم.

وفى التسميد مع ماء الرى Fertigation يمكن أن يحدث ترسيب ولذا يجب أن يفكر فى هذا الموضوع فإذا كان تركيز الكلسيوم أعلى من ٦ ملليمكافئ/لتر فإن أسمدة الفوسفات يتوقع أن تترسب وتسبب انسداد الرشاشات وتزداد المشكلة إذا كانت البيكربونات أعلى من ٥ ملليمكافئ/لتر.

ويجب عدم استخدام الأمونيا المسالة anhydrous ammonia فى هذه التجهيزات فالأمونيا يمكنها أن ترفع رقم pH الماء إلى مستويات أعلى من ١١ وتسبب ترسيبا سريعا لكربونات الكلسيوم التى تسد النظام جميعه.

وقد لوحظت عدة أنواع من انسداد نظام التنقيط وسبب هذا الانسداد هو كميات صغيرة من الأحياء الدقيقة مثل algi أو الـ slimes والفطريات والبكتريا وديدان مختلفة، وهذه المشكلة صعبة التقويم والمعالجة والوقاية منها إذ أنها تتأثر بعدة عوامل وتحدث هذه المشاكل عندما يحتوى الماء مواد عضوية وحديد أو كبريتيد الهيدروجين Hydrogen sulphide وأحد أسباب الانسداد الشديد يحدث من slimes فى حالة جيلاتينية بيضاء مع بكتريا الكبريت ويوجد نوع آخر هو

كتلة slime البنى الذى ينتج عن بكتريا الحديد وتسبب متاعب فى الماء المحتوى على ٠,٤ ملليمكافئ/لتر حديد وخصوصا فى الماء المحتوى على عضويات غامقة اللون تشبه مواد عضوية لاكنائية تعمل كمصدر غذائى أو ميسور للبكتريا ويمكن أن يسبب الـ algi والنموات الأخرى مشاكل انسداد خصوصا إذا زاد نموها نتيجة زيادة المغذيات فى نظام الرى بالتنقيط واستخدام ماء الصرف الصحى المتخلف فى الرى بالتنقيط يمكن أن يسبب مشاكل فهذا الماء عادة يحتوى مواد عضوية ذائبة وكائنات دقيقة وهى جميعها تزيد الانسداد.

والمعاملة الكيميائية (بالكلورين) أحد الطرق الفعالة لمقاومة النموات الحيوية غير أنه مكلف ويستلزم رقابة دقيقة حتى يكون استخداما آمنا فالكلورين يقتل الكائنات الحية ويؤكسد المادة العضوية والاستخدام المستمر للكلورين طريقة جيدة جدا ولكنها قد تكون أغلى من استخدامه للزراعة وكفاءته ترجع إلى رقم pH الماء، ويوضح الجدول (١٨) أمثلة لمعالجة الكلورين :

جدول (١٨): جرعات الكلورين لمقاومة النموات الحيوية فى ماء الرى بالضغط.

| المشكلة | المجموعة |
|---|---|
| Algae | ٠,٥ – ١,٠ مجم/لتر بصفة دائمة أو ٢٠ مم/لتر لمدة ٢٠ دقيقة. |
| كبريتيد الهيدروجين | ٣,٥ – ٩,٠ مرات محتوى الماء من كبريتيد الهيدروجين مجم/لتر. |
| بكتريا الحديد | ١,٠ مجم/لتر وتختلف الجرعة حسب عدد البكتريا. |
| Slimes | ٠,٥ مجم/لتر باستمرار. |

Ayera & Westcot

## التآكل في نظام الري المعدني :

### تآكل الكونكريت :

قد يؤدى الماء الجوفي وبعض الماء السطحي إلى تآكل الكونكريت ويؤدى هــذا التآكل إلى تآكل بطانة قناة الرى غير أن التآكل الأكثر حدوثا هو ما يحدث للمضخات عند ضخ الماء الجوفي خلال خط أنابيب مغلق.

يوجــد ثلاثــة أنواع من التآكل الذى ينتج عنه تلف في البطانة الأسمنتية للقناة وخطوط الأنابيب عند تعرضها للماء.

- الـــنوع الأول : نحــر الكونكريت يحدث عندما يذوب الجير فى الماء منخفض الملحــية بالماء ذى كربونات كلسيوم منخفض أو بالماء العسر المحتوى على ثـــانى أكســيد كربون حر (حامض كربونيك)، وهذا النوع لا يسبب تلفا شديدا (للكونكريــت الجيد) ولو أنه يتلف الكونكريت الردىء، فالكونكريت المسامى ومعدل هذا النوع من التلف بطئ أو لا يحدث ولو أنه قد يحدث فى الكونكريت بين الوصلات.

والماء المحتوى على ثانى أكسيد الكربون (حامض كربونيك) يكون رقم pH بين ٤,٥ حتى ٧,٩، ولذا يجب ألا يؤخذ رقم pH على أنه الدليل الوحيد.

والصفة المميزة للماء ذى الملحية المنخفضة أنه حتى فى حالة رقم بين ٧,٠ و ٧,٩ فالمـــاء يســتطيع أن يهاجم الكونكريت، لأنه قد يكون ذا خاصية إذابــة الجــير بدلا من أن يكون مرسبا للجير ولذا ينصح بتطبيق اختبار دليل تشبع Langelier.

إذا كـــان دلــيل المـــاء سلبيا فمن المتوقع أن يحدث بعض الأثر على الكونكريت ولو أن معدل المهاجمة يكون شديد البطء.

- النوع الثاني : يكون التلف ناتجا عن التبادل الأيوني الذى يحدث نتيجة تبادل القواعد بين المركبات الذائبة فى الأسمنت الصلب والكاتيونات القلوية Ca, Mg, K, Na فى الماء ونواتج التبادل تغسل أو تبقى في موقعها في الكونكريت كمكونات غير لاحمة والأملاح والمغنيسيوم لهما دور هام.

- النوع الثالث : التلف الناتج عن التمدد الذى يحدث من التفاعلات الكيميائية التى تنتج من مركبات تشغل حجما أكبر من الحجم الأصلى من المركبات الأسمنتية فتحدث ضغطا يؤدى إلى تلف الكونكريت بالانتفاخ.

وتعتبر الكبريتات سببا شائعا فى هذا النوع من التلف إذ تتحد السلفات مع بعض الكلسيوم والألومنيوم فى الأسمنت الصلب مكونة كبريتات كلسيوم وألومنيات الكبريتات ذات قدرة أكبر من أخرى مثل كبريتات المغنسيوم وكبريتات الألومنيوم ترجع إلى أنهما يحللان سليكات الكلسيوم المتأدرته بالإضافة إلى التفاعل مع الألومنيوم - هيدروكسيد الكلسيوم فى الكونكريت - وتأثير كبريتات الألومنيوم قد يسرع في وجود النترات وكلاهما موجود فى الماء خصوصا إذا كان معهما ماء الصرف الصناعى أو ماء الجريان السطحى.

وبالنسبة للمعادن يعتبر تلف الكونكريت عملية مركبة ولذا لا يوجد اختبار أو دليل مؤكد فما سبق ذكره عن اختبار قدرة الماء الطبيعي على إتلاف الكونكريت عملية نسبية لقدرة الماء ولا يؤخذ فى الاعتبار مقاومة الكونكريت للتلف.

جدول (١٩): قيم محددة لقدرة الماء والأرض على اتلاف الكونكريت

| الماء / الأختبار | شدة التأثير | | | |
|---|---|---|---|---|
| | لا يوجد | قليل | شديد | شديد جدا |
| PH | > ٦,٥ | ٥,٥ – ٦,٥ | ٤,٥ – ٥,٥ | ٤,٥ |
| حامض كربونيك يذيب الكونكريت مجم/لتر. | < ١٥ | ١٥ – ٣٠ | ٣٠ – ٦٠ | > ٦٠ |
| أمونيوم $NH_4$ مجم/لتر. | < ١٥ | ١٥ – ٣٠ | ٣٠ – ٦٠ | > ٦٠ |
| مغنيسيوم مجم/لتر. | < ١٥ | ١٥ – ٣٠ | ٣٠ – ٦٠ | > ٦٠ |
| كبريتات $SO_4$ مجم/لتر. | < ٢٠٠ | ٢٠٠–٦٠٠ | ٦٠٠–٣٠٠٠ | > ٣٠٠٠ |
| الأرض. | | | | |
| كبريتات فى الأرض الجافة هوائيا مجم/كجم. | < ٢٠٠٠ | ٢٠٠٠–٥٠٠٠ | > ٥٠٠٠ | |

**مشاكل أخرى مرتبطة بجودة الماء :**

فــى بعــض الــدول يوجــد خطــر من بعض المشاكل الصحية الحاملة للأمراض مثل الملاريا والأنكلوستوما ancephalties ويوجد شعور باحتمال أن مشــروعات الماء قد يكون لها أثر على أمراض الإنسان وهذا يكون صحيحا فى مشــروعات الرى التى تزيد تلامس الإنسان مع الماء وحتى فى حالة غياب أحد الأمــراض المرتبطة فقد تتواجد مشكلة مائية مشابهة مرتبطة بمتاعب أنواع من الحشــرات الــتى لا تكون لها رائحة ومن الممكن أن تكون شديدة الازعاج لحياة السكان ونشاطهم الترفيهى .

ووجود بيئة مائية عادة هو سبب هذه المنغصات وتوجد عدة مراجع عن مقاومـــة هذه المشاكل من خلال إدارة البيئة كيميائيا أو فيزيائيا أو حيويا على أى حال يوجد لدينا معلومات قليلة عن العلاقة بين وجود الماء وإنتاج المشاكل ولو أن جــودة الماء قد تزيد إحدى المشاكل وقد تعمل على إيجاد الظروف الفيزيائية التى تــؤدى لحــل المشكلة قد تكون فى حد ذاتها ضارة بماء الحيوانات وعلفها، وقد يكــون الضــرر تلوث الشرب بها فى كثير من الدول من مصدر ماء الرى دون معالجة.

وقـــد يحـــدث فى بعض الأحيان أن يكون لجودة الماء تأثير واضح على الأحـــياء المائـــية غير الناقلة أو أنواع الآفات الهامة ، ويحدث هذا عند استخدام مصادر مختلفة من الماء معا .

فإذا كانت الأحياء التى تأثرت تمثل مصدر غذاء لكائن آخر ناقل فالغالب أنـــه يقلـــل نمو الناقل وعلى الجانب الآخر إذا كانت النتيجة هى خفض أنواع من المفترسات الطبيعية أو المنافسة للناقل مما يقلل نمو الناقل وفى حالة تغير الجودة بين وقت وآخر مثل حالة الماء الجوفى الذى يستخدم فى بعض المواسم لاستكمال الإمـــداد الســـطحى فقد أوضحت الخبرة فى هذه الحالات أن الناقلات تصبح أكثر مقاومة وتستعيد نشاطها سريعا مع زيادة فى نموها وإعدادها.

والتأثيرات المباشرة لجودة الماء على أعداء الناقلات وأنواعها وتوزيعها تكـــون عـــادة مرتبطة مع الأنواع. فبالنسبة للناموس فهذا يكون ابتداء من الماء العـــذب الجـــارى حتى الماء العذب والماء الملحى والماء الجوفى والماء الملوث بفضـــلات بشـــرية وحـــتى بالنسبة لأوعية التطهير فإن الناموس الناقل يمكنه أن يـــتواجد فـــى جمـــيع هـــذه الحالات وبالتالى فتقدير احتمال أثر جودة الماء على الأمـــراض التى ينقلها الناموس للإنسان والناموس الموجود ومميزات الماء فهذه المميزات قد تتغير فى الموسم الواحد ومن موقع إلى آخر حتى فى وجود مشروع ينتج حالات شديدة التعقيد.

مـــن ذلـــك يتضـــح أن التوافق بين جودة الماء وناقلات الأمراض بالماء موضوع شديد التعقيد .

## استخدام ماء بحيرة تشاد فى الرى :

### بحـــيرة تشـــاد :

تتوســـط بحـــيرة تشـــاد القارة الأفريقية تقريبا وتقع فى غربى السودان وجـــنوبى نيجيريا ووجودها جنوبى الصحراء الكبرى جعل بعض المفكرين يفكر فى استخدامها فى تنمية المناطق المحيطة بها.

واعتبرت هذه البحيرة شاذة فى بعض خواصها فملحيتها تظل ثابتة دون تغير كبير. وهذه البحيرة مغلقة فهى لا تتصل بالبحار أو المحيطات ولذا تعتبر بلاعة للماء لا تصب هى فى أى مساحة مما حولها ولو أن الأنهار حولها تصب فيها.

وأهم نهر يصب فيها هو نهر شارى وتتوقف ملحية ماء البحيرة على ملحية ماء هذا النهر كما يوجد داخل البحيرة تغيرات ذات أهمية فى درجة ملحية الماء تعتمد على موقعها فى البحيرة بالنسبة إلى نهر شارى.

ومواقع سحب الماء للرى يجب أن تراعى هذه الاختلافات وكذا تذبذب مستوى البحيرة مع تغير الفصول نتيجة الإضافات والبخر.

وجودة ماء بحيرة تشاد من الناحية الكيميائية وكذا اثنين من أنهارها المغذية هما نهرى ابجى Ebegi وشارى.

ومن المهم أن البحيرة نفسها لا توضح تغيرات يمكن قياسها لتركيزات الكلورايد وهذه الظاهرة إضافة إلى ما يعرف عن التسرب من البحيرة إلى الماء الجوفي قد يفسر لماذا تتزايد ملحية هذه البحيرة مع الوقت.

والماء الجوفى المجاور لبحيرة تشاد له نفس المميزات بارتفاع البيكربونات وانخفاض الكلوريدات والملحية ($EC_w$) للماء الجوفى بشكل عام تتراوح بين ٠,٧ و ١,٥ ds/m فيما عدا حيث تتواجد الكبريتات فإن $EC_w$ قد يتعدى ٠,٤ ds/m.

**تغيرات جودة ماء الرى فى أثيوبيا والصومال :**

كثيرا ما تتناسب جودة الماء تناسبا عكسيا مع التدفق والتخفيف نتيجة البخر فى مناطق المطر وسيول ذوبان الثلوج تعمل عادة على خفض الملحية ، والحالة الشاذة لذلك هى فى وادى شيبل Shebelle الذى ينبع فى مرتفعات أثيوبيا ويتدفق نحو الجنوب إلى هضبة الأوجادين فى أثيوبيا والصومال ثم يصب فى المحيط الهندى.

وخلال الجزء الأكبر من العام يبدأ تدفق النهر غالبا من مرتفعات أثيوبيا التى تتكون من البازلت وملحية الماء من السيول الناتجة فى هذا الجزء الأعلى يبدو أنه يتعدى $EC_w$ ٠,٧٥ ds/m وعادة تكون أقل من ذلك كثيرا ٠,٥ ds/m = $EC_w$ ومع معاملات جيدة فمثل هذا الماء لا يسبب مشاكل.

وتتغير جودة الماء بشكل واضح فى الفترات من أواخر إبريل حتى أوائل نوفمبر ثم مرة أخرى فى أكتوبر ونوفمبر تتعدى $EC_w$ فى هذه الفترة ٢,٥ ds/m وارتفاع الملحية فى أراضى وادى ستيبلت Stiebelt خلال هذه الفترة يتوافق مع زيادة الأمطار التى تسبب الانجراف عن هضبة أوجادين التى تتكون من تكوينات بحرية الأصل. والفترات المتقطعة التى تستمر حتى ديسمبر حيث يسقط مطر غزير ويظهر بالماء تركيز عال من الجبس وهو ما يعكس تكوينات الهضبة ولما كانت الزراعة طوال العام فالحاصلات تحتاج للماء ولذا فالخدمة الجيدة فى حالة الماء الملحى ضرورية وأحد خطوات هذه الخدمة هى الرى بالفأس وهى طريقة واسعة الانتشار حتى يمكن تجنب ماء الوادى لعدة أيام بعد زيادة فيضان النهر والمطر الغزير فى هضبة أوجادين.

**ماء أثيوبيا المحمل بالرواسب :**

في وسط منطقة نهر أواش Awash River قيست الرواسب في مدة طويلة وأوضحت النتائج أن الرواسب المعلقة تختلف في الماء من أقل من ٥ إلى ٢٠جم/لتر خلال الفيضانات الشديدة . ومصدر هذه الرواسب هو نهر أواش في الوسط في منطقة اربا Arbasl وقسم Kesem وأحد المشروعات الكبرى للرى التي نفذت أخيرا في أثيوبيا مشروع أمبيا Ampbia irrig. project الذي يروى ١٠٢٨٥ هكتار من الأرض من خلال قناة تستطيع أن تنقل ١٣م٣/ثانية طولها ٢٧ كم ويحول إليها الماء من نهر أواش بواسطة تحويلة rock fill ذات ارتفاع ٤م وطول ١٠٠م وامتدادها ٢٣٠٠٠م مايو ١٩٨٠ وفي مارس ١٩٨١ اتضح أن ٢٣٠٠٠م من الطمي قد تجمع في المجرى العلوي لمسافة ٢كم بين بداية القناة وأول ما أخذ منها.

وتضمن المأخذ تجهيزه لمنع الرواسب الخشنة من قاع المجرى من الدخول في بوابات القناة الأولى.

وبالنسبة للرواسب المعلقة الزائدة في المواقع التي يقرر أنه لا يمكن تجنبها في المأخذ شيد حوض ترسيب (قناة موسعة طولها ٤٠٠م) في القناة الأولى وفي نهاية السنة الأولى من التشغيل كان الترسيب في المواقع العليا من القناة الرئيسية شديدة الزيادة حتى أنه كان من المستحيل ان يوصل للمشروع الكمية الضرورية من الماء في الوقت المناسب والموقف الأشد صعوبة حدث عند التحكم في بوابات المأخذ التي التصقت مع الطمي في المتجمع خلفها وقد اقترحت عدة وسائل لمعالجة الموقف وتحسينه مثل :

١- بناء طاردات للطمي.
٢- غسيل Washing في حوض الترسيب.
٣- التطهير والتنظيف اليدوي أو الميكانيكي لخفض الترسيب في القناة الأساسية.

وجميع هذه العمليات تزيد تكلفة المشروع وتتدخل فى عمليات الرى. وفى مارس ١٩٨٢ استخرجت كميات ضخمة من الطمى فى بداية القناة الرئيسية ونتجت على الجانب مشكلة التخلص من المواد الناتجة التى لم تحل بعد وسوف تصبح مشكلة تزيد تكلفة المشروع.

والاتجاه الحالى يشير إلى أن التخلص من الطمى فى القنوات الرئيسية ضرورى فى كل سنة ، ولو أن ذلك كان يدخل ضمن التخطيط فى الفترة من فبراير حتى إبريل ، وفى الفترة التالية لجـمع محصول القطن وهو المحصول الأسـاسى للمشروع فقد تم إتاحة الماء مشكلة هامة للزراع الذين يزرعون محصولين ونظام المحصول السنوى.

وانخفاض النفاذية وتكون قشرة سطحية فى المساحات المنخفضة من أجزاء الزراعات تعتبر أكبر ضررا من الماء ذى الرواسب المعلقة. واعتبرت القشرة السطحية واحد من أسباب سوء إنبات البذور فى بعض الحقول.

وأحد المشاكل المرتبطة بالماء ذى الطمى المعلق فى نهر أواش هو التلف الذى يتسبب عن المضخات فى بعض المزارع القديمة وحيث لا يتوفر الرى بالراحة فبعض أجزاء هذه المضخات يتلف سريعا ويحتاج للاستبدال مرة كل ٢ – ٣ سنة فى المتوسط.

وأوضحت الخبرة فى مشروع نهر أواش أن الرواسب المعلقة بالماء تعتبر إحدى مظاهر جودة الماء عندما تقدر هذه الجودة للرى. فهذا التقدير يجب أن يمكن المهندسين والزراع لاستخدام وسائل عملية خاصة لخفض الآثار السيئة لهذه الرواسب فى ماء الرى ومحاولة البحث عن وسائل أخرى.

### ماء الصرف الصحى :

لا نعرف متى أو أين بدأ نظام الصرف الصحي ولم تتهيأ للكاتب فرصة الاطلاع على النظام الذى كان متبعا فى مصر الفرعونية ، والمقصود بالصرف الصحى هو الماء المنصرف من المنازل والحمامات وما أشبه بذلك .

يذكر جونتر جابرتش Guniter Garbirich أن نظام الصرف الصحى فى روما القديمة كان يسير فى خط مواز للتوسعات فى إنشاء خزانات الماء ، وفى الأيام الأولى كانت النفايات والمجارى تسير فى نفس المسار الطبيعى للماء وحفر الصرف ممتد حتى المنطقة التى تسير فى نفس المسار الطبيعى ، وفى عام ٥٠٠ ق.م تم إنشاء أول قناة للصرف الصحى المنظم وهى قناة كلوكا ماكسى (الشهيرة) وبمرور الوقت أتلفت جميع الحفر المكشوف وتم ربط قنوات الصرف فى كافة أنحاء المدينة بهذه المصارف الرئيسية وكان هذا النظام من القنوات التحت أرضية تغسل باستمرار بماء دافق من المياه الزائدة عن الحاجة التى تأتى من الموارد المائية المتروكة.

### ماء الصرف الصحى فى القاهرة الكبرى :

يمكن اعتبار مقدار ماء الصرف الصحى بالقاهرة الكبرى نحو ٦٠٠ مليون م$^{٣}$ فى عام (١٩٨٦) على أساس ٢٠٠ لتر/يوم/فرد وعدد السكان نحو ١٠ ملايين نفس ويتوقع المخطط الرئيسى للمياه أن ماء الصرف الصحى للقاهرة الكبرى يبلغ نحو ١,٦ × ١٠$^{٩}$ م$^{٣}$/سنة (سنة ٢٠٠٠).

يصرف هذا القسم من القاهرة الكبرى الذى يقع غربى النيل فى مصرف الرهاوى وذلك بعد معاملته ليصبح صالحا إعادة استخدامه فى الزراعة ويصب هذا المصرف ماءه فى فرع رشيد أما القسم الذى يقع شرقى نهر النيل فيصرف ماءه فى مصرف بلبيس الذى يصب فى مصرف بحر البقر ومنه إلى بحيرة

المنزلة ويستخدم جزء صغير من هذا الماء فى رى مزرعة الجبل الأصفر شرقى القاهرة ويتوقع المخطط الرئيسى للمياه أن يعاد استخدام نحو نصف ماء الصرف الصحى للقاهرة الكبرى فى الرى سنة ٢٠٠٠ وتقدر بنحو ٨٠٠ مليون م$^{٣}$/سنة.

**ماء الصرف الصحى بالإسكندرية :**

ينقسم نظام الإسكندرية للصرف الصحى إلى ٣ أقسام (الشرقى – الأوسط – الغربى) .

يرفع ماء القسم الشرقى فى محطة التنقية ثم يصرف فى بحيرة مريوط وترفع مياه القسمين الأوسط والغربى إلى البحر المتوسط فى مخرج طوله ٧٣٢م وينزل تحت سطح البحر نحو ١٦م بالإضافة إلى ١٨ مخرج آخر تتوزع على شاطئ الإسكندرية أنشئت أصلا لتكون مخارج احتياطية للتخلص من مياه الأمطار بالمدينة ، غير أنها أصبحت تستخدم للصرف الصحى طول العام .

أخذت عينات من مياه الصرف الصحى فى إحدى نقط الضخ فى البحر (محطة أبو هيف) ، وأوضح التحليل الكيميائى بين ١,٠٣ و ٣,٥ ds/m والكاتيون السائد هو الصوديوم يتلوه المغنيسيوم.

والأنيونات السائدة هى الكلورايد مع وجود البيكربونات بكميات ذات أهمية يتروواح تركيز الفوسفور بين ٣,٩ و ٦,٣ جزء/مليون ، والنترات بين ١,٩ و ٢,٨٠ ملليمكافئ/لتر.

ويتراوح عدد البكتريا فى بيئة مستخلص الخميرة مع الآجار على درجة ٣٠م لعينات من الماء بين ٨٥ – ١٢٠ مليون/سم$^{٣}$ من الماء.

ويصرف ماء الصرف الصحى من مصرف القلعة إلى بحيرة مريوط غرب حى كرموز بالإسكندرية ويشير معهد بحوث الأحياء المائية والمصايد إلى أن البحيرة قد أصبحت ملوثة نتيجة لذلك بحيث لم تعد صالحة للأسماك ما عدا القسم من البحيرة المعروف باسم المزرعة السمكية ومن التحليل الكيميائى لمياه هذه المصارف يتضح احتوائه على مواد صلبة وفوسفور ونترات ومعادن ثقيلة أكثر من المصرف القريب منه (مصرف جزيرة الجامع).

وأجرى التحليل الكيميائى لماء البحر فى بعض مناطق صب ماء الصرف الصحى فى أبو هيف وميامى وكامب شيزار واتضح زيادة المواد الصلبة المعلقة والفوسفور والنترات وأجرى عد البكتريا واتضح أنه ١٢ مليون/سم$^{٣}$ من العينات المأخوذة على بعد ٥٠٠م من ماسورة الصرف.

وفى سيدى بشر وميامى عند نقط الصرف كان عدد البكتريا نحو ٢ مليون/سم$^{٣}$ وعند كامب شيزار ١,٨ مليون/سم$^{٣}$.

وتدل هذه الأعداد على محتوى عال من الميكروبات ولو أن الدراسة لم تحدد الأنواع البكتيرية الموجودة بالماء ويشير الشرقاوى (معهد الصحة العلمية) إلى أن عدد مجموعه كولاى Coli فى مواقع الصرف المختلفة تبلغ نحو ١٠٠ إلى مليون/١٠٠ سم$^{٣}$.

ولتلوث ماء البحر بماء الصرف الصحى بالإسكندرية أهمية خاصة فشواطئ الإسكندرية تلعب دورا هاما فى السياحة الداخلية وتعد الزيادة الكبيرة فى عدد سكان الإسكندرية (٧٥٠ ألف فى الستينات إلى نحو ٣ ملايين فى الثمانينات) عجز نظام الصرف الصحى فى الإسكندرية والذى أنشئ منذ سنوات طويلة عن القيام بوظيفته. وزاد ما يلقى طوال العام فى البحر المتوسط من مياه الصرف

الصحى وزاد بالتالى تلوث مياه البحر وشواطئه وأصبح عاملا منفرا وبدأت بعض قطاعات الشعب تعزف عن الاصطياف بالإسكندرية – وهو نشاط يساهم مساهمة فعالة فى اقتصاديات المدينة – كما زاد انتشار الأمراض خصوصا ما يصيب الأطفال لطول الفترة التى يقضونها بماء البحر.

واتفق مع هيئة المعونة الأمريكية على تمويل جزء لإنشاء نظام الصرف الصحى بالإسكندرية.

اختلفت آراء الخبراء فى كيفية التخلص من ماء الصرف الصحى بالمدينة ففريق يرى أن تتم معالجة الماء ثم تصب فى البحر بواسطة مواسير وتنزل تحت سطح الماء بالبحر لعمق ٥٠م.

والفريق الآخر يرفض مبدأ الصرف بالبحر ويرى استخدام الماء – بعد معالجته فى رى مساحة من الأرض بمنطقة النوبارية المجاورة للإسكندرية مركزا على ما يلى :

- يقدر صـــرف المخلــفات السائلة الناتجة من الإسكندرية نحو ١ مليون م$^{٣}$/يوم وينتظر أن تبلغ ١,٥ مليون م$^{٣}$/يوم سنة ٢٠٠٠ وهذا المقدار من الماء يكفى رى نحو ١٠٠ ألف فدان بمقنن مائى خمسة آلاف م$^{٣}$ سنويا.
- تقدر القيمة السمادية لمياه المجارى بنحو ٥٠ ألف طن سماد نتروجين ٢٠% و١٧ ألف طن سماد سوبرفوسفات كلسيوم ١٨%فى السنة و١٣ ألف طن سماد بوتاسى ٥٠% حيث تركيز النيتروجين بماء الصرف ٣٠مجم آ/لتر والفوسفور ١٠ مجم أ/لتر والبوتاســيوم ٤٠ مجم أ/لتر ومنطقة غــرب النوبارية إحدى المناطق الهامة فى التوسع الزراعى ويعتبر نقص الماء بالمنطقة أحد معوقات، استزراع الأراضى فيها. ويبدو ذلك واضحا فى محطتى رفع رقم ٥ و ٦ على ترعة النصر اللتين لا يتوفر لهما الماء الكافى فتوفير ماء الصرف الصحى لهما يزيد كفاءتهما.

ويدللون على رأيهم بأن الصرف فى البحر غير مأمون لما يأتى :

كان رأى وكالة حماية البيئة الأمريكية AEPA عام ١٩٨٤ أنه بالرغم من طول المصب المقترح عند قايتباى فإن درجة التخفيف عند الشواطئ لا تفى بالشروط الصحية الدولية للاستحمام فقد يتسرب الماء من الماسورة التى طولها ١٠كم من خلال اللحمات دون أن يلاحظ هذا التسرب وعدم اكتشافه لوجود المواسير على عمق كبير من الماء.

وناقش معارضو الصرف فى البحر أهم دواعى تفصيل الطريقة وهو أن الصرف فى البر سوف يزيد تكلفة المشروع زيادة كبيرة ومن ضمن حججهم فى نقل هذا الماء مسافة نحو ٨٠كم جنوبا وارتفاع نحو ٢٠م ثم دفَع الماء إلى باطن الأرض فى الموقع المقترح وضخه عندما يراد استخدامه فى الرى فى استعمال طريقة الرى المحورى وزراعة ٢/٢ بالبرسيم وترك ٢/١ دون زراعة وإزاء ذلك فمن الضرورى أن تزيد التكاليف فضلا عن انخفاض الإيرادات.

وأعلن فى نوفمبر ١٩٨٦ أن مجلس الوزراء قد قرر أن يكون الصرف الصحى لمدينة الإسكندرية فى الصحراء وليس فى البحر حفاظا على نظافة شواطئ الإسكندرية وأن يستغل الماء بعد تنقيته فى استزراع مائه ألف فدان بمنطقة غرب النبارية غرب الإسكندرية.

وأعلن وزير الإسكان والتعمير أن مشروعات العام الجديد ١٩٨٧ تتضمن زيادة طاقة ماء الصرف الصحى فى القاهرة الكبرى من ٥٠٠ ألف إلى ٣ ملايين م$^3$ يوميا وزيادة إنتاج مياه الشرب بحيث تصل ٤ ملايين و ٦٥ ألف م$^3$ يوميا.

وقد تم الانتهاء من تنفيذ المرحلة العاجلة لمشروع تنقية مياه الصرف الصحى فى الإسكندرية والقضاء على تلوث الشواطئ بها كما تم تجديد ١٣ محطة

رفع وإنشاء ٥ محطات جديدة وإنشاء خطوط طرد وينتظر الانتهاء من المرحلة الثانية فى منتصف العام القادم ويشمل استكمال خطوط الصرف المغطى من سموحة إلى قايتباى وإنشاء محطتى رفع.

وسوف يصل إنتاج ماء الشرب فى باقى المحطات فى نهاية الخطة الخمسية القادمة إلى ٥,٥٥ مليون م٣/يوميا تخدم ٣٥ مليون نفس ليصبح نصيب الفرد ١٥٠ لتر/يوم ويجرى حاليا تدعيم ١٨ مرفق للصرف الصحى بالمحافظات التى بها مشروعات صرف وتنفيذ ١٩ مشروع جديد (الأهرام ١٩٨٦/١/٢٨).

## تنقية مـــاء الصرف الصحى :

بعد أن زاد تلوث البيئة وفسادها لدرجة تهدد بالخطر اتجهت الجهود نحو العمل على وقف تزايد هذا الفساد واقترحت معالجة مياه الصرف الصحى قبل التخلص منها بصبها فى البحيرات أو الأنهار لاستخدامها فى الزراعة وتتبع الخطوات الآتية فى عمليات المعالجة :

### – فصل الحـــمأة :

تبدأ معالجة ماء الصرف الصحى فى محطات التنقية عادة بخطوة مبدأية لتزال منها المواد الطافية أو كبيرة الحجم أو ثقيلة الوزن ويستبعد أيضا أثناء معالجتها الرمل والحصى بالتصفية.

تنقل المواد المتبقية إلى حوض مع خفض سرعة الماء فتهبط المواد الصلبة (الحمأة) إلى القاع فتزاح بواسطة مكشاط وقد تستعان فى هذه العملية "بلبادة" بيولوجية تحتوى البكتريا التى تقوم بتحليل المواد الجامدة فى وجود تيار من الهواء والفرشة النشطة بيولوجيا تتألف من طبقات من المواد أغلبها حجارة خشـــنة وتعمل الكائنات الدقيقة فى هذه الفرشـــة على انحلال المواد الجامدة وفى

خلال الطريقتين ينقل المزيج إلى حوض الترسيب حيث تترسب الحمأة ثم تزال وتعالج.

- المعالجة الكيميائية :

تضاف كبريتات الألومنيوم ومركبات الحديد لتيسر عملية تيسير التلبد المشار إليها وفى هذه المرحلة تزال الكبريتات الموجودة بالمياه ثم ترشح.

- التخلص من الحمأة :

تعالج الحمأة فى غرف هضم يهيأ فيها جو خال من الأكسجين لتحويل المواد العضوية إلى مركبات غير عضوية وتستغرق هذه العملية ٣ أسابيع ويتعين مواصلة معالجة الحمأة العضوية لأنها تحتوى مقادير كبيرة من الماء تزال بالتسخين أو تترك لتجف.

بعد التخلص من الحمأة يتبع الآتى للتخلص نهائيا من المواد المتبقية :

أ- الترشيح إلى باطن الأرض غير أن تسرب ماء المطر من خلال هذه المواد إلى المياه الجوفية عامل تلوث للمياه الجوفية.

ب- يمكن مزج الحمأة بنفايا صلبة من فضلات المنازل واستخدامها للتسميد.

ج- يمكن حرق الحمأة غير أن ذلك يلوث الهواء.

د- يمكن أن تستخدم الحمأة لتحسين التربة كأى سماد عضوى غير أن قوانين بعض الدول تمنع استخدام الحمأة المتعفنة كسماد لحقول الخضر حتى لا تجد المعادن الثقيلة طريقها إلى المنتجات الغذائية.

وتنهى رسالة اليونســكو موضوعها بأنه من الواضح أن للحــلول التى تستهدف التخلص من الحمأة أضرار توقعنا فى مشاكل أخرى.

ولا زلنا فى حاجة إلى تقنيات صناعية جديدة لا تفضى إلى تلوث المياه كما نحتاج إلى طرق جديدة لإستيعاب المياه المستعملة حتى لا تصب المياه الملوثة فى أنهار بحيراتنا.

## References المراجــــع


Ayers, R.S. and Westcot (1985).Water Quality for Agriculture. FAO livig & Drainage paper No. 29 Rev.1.

Agency for international Development, (1982). Water and Human Health (Mc Junken *et al.*) U.S. ID Department of State, Washington D.C.

Bernstein, L.(1964). Salt tolerance of plants.USDA agricultural information Bul. 283 and Ayer R.S. (1955) Stoping beds in Calif. Agricultural, Nov., 1955.

Bernstein, L. and Fireman (1957). M. Haboratary studies on salt distribition in furirow errigated soil with special reference to the pre emergene period. Soil Science 83:249-263.

Bernstein, L.; Fireman and Reeve, R.C. (1955). Control of salinity in the Imperial Valley. U.S. Dept. Of Agric. Agricultural Research service Bul. 41 (4).

Bernstein, L. and Francois, L.E. (1973a). Leaching requriment studies. Sensetivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage water Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 931-943.

Bernstein, L. and Francois, L.E. (1975). effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. Agron. J., 67 (2):185-191.

Bingham, F.T. and Mahler, R. J. (1979). Sposito, Effects of irrigation water composition on exchangeable sodium status of a field soil. Soil Sci., 127 (4): 248-252.

Bower, H. and Tucker, J.M.(1958). Sodium hazard of irrigation waters are influenced by leaching fraction and by precipit-ation or solution of calcium carbonate.

Bower, H. (1969). Salt balance irrigation efficeincy and drainage design Amer. Soc. Civil. Engineering (ASCE) Proc. 95 (IRI) : 153 – 170.

## كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

## Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba

### باللغة العربية

١- فحص الأراضى Soils Examination ١٩٦٩ (٢٠٠ صفحة) - دار المعارف .

٢- خصوبة الأراضى والتسميد (الطبعة الرابعة ١٩٨٠)
Soil Fertility and Ferilization $4^{th}$ Edn.
(٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول-رسوم توضيحية-مراجع) - دار المطبوعات الجديدة -الإسكندرية

٣- استصلاح وتحسين الأراضى - (الطبعة الخامسة ١٩٨١) ، دار المطبوعات الجديدة .
Land Reclamation and Improvement $4^{th}$ Edn.
(٦٦٤ صفحة - ٣٣ رسم توضيحى - مراجع) - دار المطبوعات الجديدة - الأسكندرية .

٤- الأرض والأنسان فى الوطن العربى - (دار المطبوعات الجديدة) .
Soils and Man In The Arab Countries

٥- أضواء على الزراعة العربية - (دار المطبوعات الجديدة) .
Light on Arab Agriculture

٦- المجر Hungary - ١٩٦٩ ، (دار المعارف) .

٧- الأتربة المتأثرة بالأملاح ١٩٧٩ ، ( الناشر FAO - روما )
Salt - Affected Soils
(١٣٥ صفحة قطع كبير - جداول - ٢٣ رسم توضيحى - مراجع) .

٨ - مصطلحات علم الأراضى الأنجليزية ومرادفاتها العربية - ١٩٨٢
Arabic - English Expressions in Soil Science
( ٢٠٠٠ مصطلح - ٨٠ صفحة - أ.د عبد المنعم بلبع ) .

٩- أمس واليوم وغدا - ١٩٨٤ (آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)

Yesterday, Today and Tomorrow (Suggestions Concerning The Egyptian Universities).

١٠- البحث العلمى...صانع التقدم — Scientific Research The Maker of Progress

١١- الماء مآزق...ومواجهات — Water and its Role in Development

(دار المطبوعات الجديدة - منشأة المعارف) .

١٢- الأسمدة والتسميد - ١٩٩٨ ، منشأة المعارف — Fertilizers and Fertilization

١٣- استزراع أراضى الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى - ١٩٩٧

- منشأة المعارف . — Arab Countries&Utilization of Desert Soils in Egypt

١٤- الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى - ١٩٩٩ ، منشأة المعارف.

Soils, Water and Development in Arab Countries

١٥- الأرض .. مورد طبيعى لخير البشر - ١٩٩٩ ، منشأة المعارف.

The land, a Natural Resource for The Benefit of the People

١٦- التعبير الكمى عن استجابة المحاصيل للتسميد

( الناشر : جمعية أ.د. عبد المنعم بلبع لبحوث الأراضى والمياه ) .

١٧- تقويم وتثمين الأراضى الزراعية .. ، ١٩٩٩ ، منشأة المعارف .

١٨- عالم يحاصره التلوث - عام ٢٠٠٠ ، منشأة المعارف .

١٩- أحياء تحت سطح الأرض - عام ٢٠٠٠ ، الشنهابى للطباعة والنشر.

٢٠- فحص الأراضى الزراعية وأختبار خصوبتها وصلاحية الماء للرى - ٢٠٠١، الشنهابى.

٢١- تغذية النبات - عام ٢٠٠١ الشنهابى للطباعة والنشر.

٢٢- العناصر الثقيلة (الصغرى) فى الأرض والنبات والبيئة - عام ٢٠٠١ ، الشنهابى .

٢٣- إنتصارات للعلم والتكنولوجيا ضد الفقر والمرض والجوع - عام ٢٠٠٢ ، الشنهابى .

٢٤- التســميد العضــوى - عام ٢٠٠٢ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٥- أفريقيا .. الأراضى والمياه والتنمية - عام ٢٠٠٣ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع.

٢٦- أحياء تغذى النبات وأخرى تقاوم الآفات - عام ٢٠٠٣ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٧- الشرق الأوسط .. الأرض والماء والنشاط الإقتصادى - عام ٢٠٠٤ ، مركز الشنهابى للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٨- النيتروجين فى الأرض والماء والنبات والبيئة - عام ٢٠٠٤ ، مركز الشنهابى للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٩- معالم التصنيف الجديد لأراضى العالم (أسم لكل أرض) - عام ٢٠٠٤ ، مكتبة بستان المعرفة للطباعة والنشر والتوزيع .

٣٠- التعبير الرياضى لبعض الظواهر الحيوية فى النبات - عام ٢٠٠٥ ، مكتبة بستان المعرفة للطباعة والنشر والتوزيع .

٣١- التنمية الزراعية فى مصر والوطن العربى - عام ٢٠٠٥ ، مكتبة بستان المعرفة للطباعة والنشر والتوزيع .

**كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع**

**Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba**

**باللغة الأنجليزية**

**32- Management of Problem Soils in Arid Ecosystems.** CRC, N.Y.

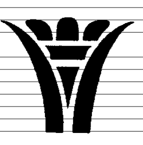
**33- Calcareous Soils.**

**34- Nitrogen Relations with Soils and Plants.**

**35- Fifty Years of Phsphorus Studies in Egypt.**

(Pub. by: Prof. Dr. A.M. Balba Sco. for Soil & Water Research.)



مكتبة بستان المعرفة
لطبع ونشر وتوزيع الكتب
كفر الدوار ـ الحدائق ـ بجوار نقابة التطبيقيين
☎ ٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨ الإسكندرية: ٠١٢٣٥٣٤٨١٤